

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05445

研究課題名(和文) 電流計測と表面増強ラマン計測に基づく単分子計測法の開拓

研究課題名(英文) Development of the single-molecule detection technique based on the combination of the surface-enhanced Raman scattering and electron transport measurement

研究代表者

金子 哲 (Kaneko, Satoshi)

東京工業大学・理学院・助教

研究者番号：10738537

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では高感度検出の要件である再現性が高く、信頼性のSERSスペクトルの検出するための手法開発を目的とした。新たに単分子接合に対して四端子による電気化学計測システムを構築し、電極電位を制御下でのSERSスペクトル計測に成功した。また、種々の分子に対して本計測手法を適用することで、接合構造に対応したSERSスペクトルの挙動を明らかにすることができ、特にナフタレン分子接合について、接続構造による電荷移動がSERSスペクトルに与える影響を明らかにすることができ、信頼性の高い単一分子検出を実現するための知見を蓄積することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、SERSとI-V計測の融合計測を複数の単分子接合に適用することで、SERSスペクトルの形状が分子の吸着構造により説明できる事を明らかにした。分子レベルでの吸着構造変化と対応つけたSERSスペクトル計測はSERSにおける信号増強機構の解明や高感度分子認識法の開発へと研究が発展することが期待され、基礎科学、材料科学、医療分野へ貢献するものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Establishing the highly-sensitive detection technique is significant for organic, bio-, and analytical chemistry. Single-molecule detection is the ultimate goal for this purpose. In this study, we aimed to develop a methodology for detecting SERS spectra of single molecules with high reproducibility.

To achieve this purpose, we developed the four-terminal electrochemical measurement system and surveyed the SERS spectra depending on the adsorption spectra.

Our electrochemical system detected the reactant and product controlled by the bias voltage. Besides, we were able to clarify the behavior of SERS spectra corresponding to the junction structure, and in particular, for naphthalene molecular junctions, we were able to clarify the effect of charge transfer due to the junction structure on the SERS spectra. Therefore, we obtained clues for realizing reliable single-molecule detection.

研究分野：単分子科学

キーワード：単分子接合 表面増強ラマン散乱 電流-電圧特性 接続構造解析 電子構造解析

1. 研究開始当初の背景

省エネルギー対策や人体への負担の少ない病理検査法の開発要請の観点から、高感度分子検出法の開発は重要な課題の一つである。高感度検出法の一つとして、金属ナノギャップに生じる局在プラズモン共鳴を利用した表面増強ラマン散乱(Surface Enhanced Raman Scattering; SERS)スペクトル計測が知られている。SERS スペクトル計測により、無標識で分子を特徴づける振動情報が単一分子レベルで検出できるため、SERS は高感度分子検出法として注目を集めている。しかし、通常のラマン散乱スペクトルとは異なる選択則に支配され、分子の吸着構造に依存した基板-分子間の電荷移動量が変化に対応して、SERS 強度が変化することから、SERS スペクトルの解釈は困難という課題があった。我々はこれまで単一分子が金属電極間に捕捉された単分子接合構造に着目し、電流計測に基づく単分子計測と SERS 計測を組み合わせることにより、電極間に捕捉された分子の吸着構造を特定に取り組み、吸着構造と SERS スペクトルの形状とを対応づけることに成功した。

2. 研究の目的

本研究では高感度検出の要件である再現性が高く、信頼性の SERS スペクトルの検出するための手法開発を目的とした。そのために種々の分子に対して SERS と I-V の同時計測を適用し分子の吸着構造に依存した SERS スペクトル形状について明らかにすること、また分子検出時の分子配向や電子状態を制御するために電気化学計測環境の構築を通して、分子の吸着構造と電子状態と対応づけた SERS スペクトル計測を目的とした。

3. 研究の方法

研究はフラーレン、チオフェン、ナフタレン等の芳香族分子を中心に SERS と I-V の同時計測を適用し、吸着構造に依存した SERS スペクトルの取得により SERS スペクトルと吸着構造とを対応づけた。また新たに単分子接合に対して四端子による電気化学計測システムを構築して電極電位を制御下で単分子接合の SERS 計測を行った。

4. 研究成果

まず電極電位の制御について、まず電気化学計測を可能とするために電極に絶縁処理を施し、単分子接合の作製を試み、水溶液中で 1,4-ベンゼンジチオール(BDT)分子の電気伝導度計測により溶液環境下での計測の妥当性を評価した。続いて、電極電位の制御下においてチオフェン分子単分子接合の計測を行い、電気化学電位に対応した SERS スペクトルと電気伝導度変化を検出し電極電位を制御下状況下で SERS と電流計測を行うことに成功した。今後、絶縁処理の向上による電気化学電流の抑制により他の分子接合系への適用する用途を立てることができ、信頼性の高い単分子検出の基盤を構築することができた。吸着構造に依存した単分子 SERS スペクトルの検出についてはナフタレンジチオールについて一定の成果を得ることができたため以下に報告する。

ナフタレンは蛍光プローブとして、また分子間相互作用を介した結合を形成するため、小分子の生体作用を調べるモデル系として重要である。ナフタレン分子を用いた分子認識系を構築するための前段階として、本研究ではナフタレンジチオール(NDT)単分子接合の挙動を明らかにすることを目的とした。

単分子接合は Mechanically-Controllable Break-Junction (MCBJ) 法を用いて作製した(図 1(a))。微細加工により作製した金ナノ電極にナフタレンジチオール(NDT)挿入図)を吸着させたのちに、電極を破断させ、形成した

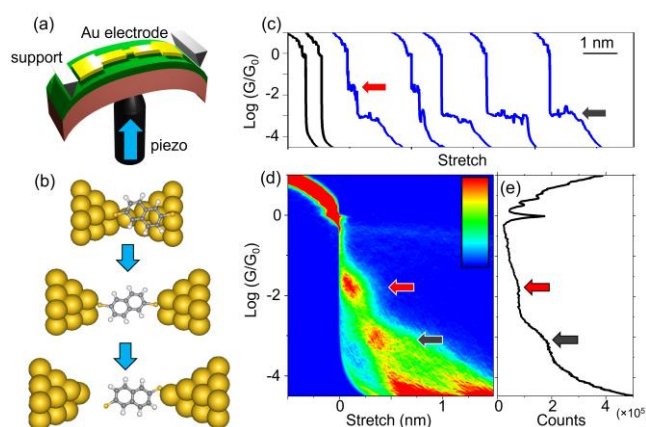


図 1 MCBJ 法による NDT 単分子接合の作製と電気伝導度の評価。(a) MCBJ 法の概念図。(b) ナノ接合の破断過程と単分子接合の形成の概念図。(c) 破断過程における電気伝導度変化の例。(黒線:分子無し、青線:分子あり)。(d, e) 電気伝導度の分布図。

ナノギャップに分子を架橋させた(図 1(b)). まず, 電気伝導度(G)の変化について 2 千回, 破断を繰り返すことにより単分子接合の形成を評価した(図 1 (c-e)). 図 1 (c)は個々の破断過程の電気伝導度変化の電極間距離依存性を示している. 黒線の分子導入前の結果に比べて, 青線の分子を導入した結果では, 10^{-2} と $10^{-3}G_0$ (G_0 は量子化された電気伝導度の単位を表しその値は $77.5 \mu\text{S}$ に相当する.)に平坦な領域が観測されており, 対応する電気伝導度

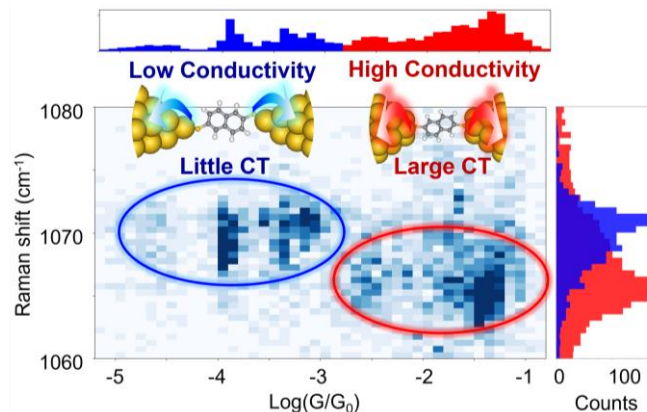


図 2 SERS と電気伝導度の解析による吸着構造の識別.

で安定な状態が観測されることを示している. 2 千回分の施行を重ね, ヒストグラムを作製したところ図 1(d)に示した通り, 対応する電気伝導度の位置に明瞭に状態が存在することが示唆され, 対応する電気伝導度で単分子接合が形成されることが示唆された. この二つの電気伝導度状態の詳細な構造を明らかにするために, 我々の独自の手法である, 表面増強ラマン散乱(Surface-enhanced Raman Scattering; SERS)と電気伝導度の複合計測を適用した. SERSでは分子に由来した振動を計測することにより, ギャップ中に捕捉された分子種の特定し, 更に詳細な解析により吸着構造を明らかにすることを期待した. 対応する電気伝導度状態で SERS 計測により得られる, 炭素-硫黄間の結合に関する振動エネルギー(Raman shift)と電気伝導度の相関図を図 2 に示す. 図 2 により振動エネルギーが電気伝導度の状態に対応して, 急激に変化していることが明らかとなった. 振動エネルギーは接合内部における分子種とその吸着構造に強く依存するため, 量子化学計算により振動エネルギーを見積り, 実験結果のシミュレーションを行ったところ, 電気伝導度の変化はナフタレン単一分子が吸着している原子の個数の変化に対応していることが示唆された. 更に, 電荷分布に関する解析を行うことで, 振動エネルギーの変化は NDT 分子のから金属への電荷移動の度合いが吸着構造によって異なり, 接続を担う硫黄と金の電荷分布が振動エネルギー変化に大きな影響を与えることを明らかにした.

上の通り, 単分子レベルで NDT 分子の吸着構造に対応したスペクトル変化を明らかにすることができた. 今後, $\pi-\pi$ 相互作用を介した分子吸着系へと展開することにより分子選択制を合わせた単分子認識へと発展することが期待されることから, 単分子認識法の構築に向け一定の成果を得ることができた.

5. 主な発表論文

[雑誌論文] 12 報

1. K. Homma, **S. Kaneko**,* K. Tsukagoshi, T. Nishino* “Dependence of Charge Transfer on the Adsorption Site at Metal-Molecule Interfaces: Implications for Single-Molecule Electronic Devices” *ACS Appl Nano Materials*, 6, 8135-8140 (2023), <https://doi.org/10.1021/acsanm.3c01117>. (責任著者). 査読有.
2. S. Kobayashi, **S. Kaneko**,* K. Tsukagoshi, T. Nishino* “Conductance Modulation in an α -Terthiophene Molecular Junction Characterized by Surface-Enhanced Raman Scattering” *e-Journal of Surface Science and Nanotechnology*, 21, 24-29 (2023), <https://doi.org/10.1380/ejsnt.2023-004>. (責任著者). 査読有. オープンアクセス.
3. Y. Tanaka*, Y. Bae, F. Ogasawara, K. Suzuki, S. Kobayashi, **S. Kaneko**,* S. Fujii, T. Nishino, M. Akita “Molecule-Electrode Interfaces Controlled by Bulky Long-Legged Ligands in Organometallic Molecular Wires” *Advanced Materials Interfaces*, 10, 2202464/1-7, (2023), <https://doi.org/10.1002/admi.202202464>. (責任著者) 査読有.
4. T. Harashima, Y. Egami, K. Homma, Y. Jono, S. Kaneko, S. Fujii, T. Ono, T. Nishino*. “Unique Electrical Signature of Phosphate for Specific Single-Molecule Detection of Peptide Phosphorylation” *Journal of the American Chemical Society*, 144, 17449–17456 (2022), <https://doi.org/10.1021/jacs.2c05787>. 査読有.
5. S. Kobayashi, **S. Kaneko**,* T. Tamaki, M. Kiguchi, K. Tsukagoshi, J. Terao, T. Nishino* “Principal Component Analysis of Surface-Enhanced Raman Scattering Spectra Revealing Isomer-Dependent Electron Transport in Spiropyran Molecular Junctions: Implications for Nanoscale Molecular Electronics” *ACS Omega*, 7, 5578–5583 (2022), <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c07105>. (責任著者), 査読有.
6. K. Yasuraoka, **S. Kaneko**,* S. Kobayashi, K. Tsukagoshi, T. Nishino* “Surface-enhanced Raman

- scattering stimulated by strong metal–molecule interactions in a C₆₀ single-molecule junction” *ACS Applied Materials Interfaces* 13, 51602–51607 (2021), <https://doi.org/10.1021/acsami.1c09965>. (共同筆頭著者, 責任著者). 査読有.
- R. Fukuzumi, M. Buerkle*, Y. Li, **S. Kaneko***, P. Li, S. Kobayashi, S. Fujii, M. Kiguchi, H. Nakamura, K. Tsukagoshi, T. Nishino* “Water Splitting Induced by Visible Light at a Copper-Based Single-Molecule Junction” *Small* 17, 2008109/1-9 (2021), <https://doi.org/10.1002/sml.202008109>. (責任著者).
 - T. Harashima, S. Fujii, Y. Jono, T. Terakawa, N. Kurita, **S. Kaneko**, M. Kiguchi, T. Nishino* “Single-Molecule Junction Spontaneously Restored by DNA Zipper” *Nature Communications* 12, 5762/1-7 (2021), <https://www.nature.com/articles/s41467-021-25943-3>.
 - T. Harashima, Y. Hasegawa, **S. Kaneko**, Y. Jono, S. Fujii, M. Kiguchi, T. Nishino* “Elementary Processes of DNA Surface Hybridization Resolved by Single-Molecule Kinetics: Implication for Macroscopic Device Performance” *Chemical Science* 12, 2217-2224 (2021), <https://doi.org/10.1039/D0SC04449K>. 査読有.
 - L. Zhang, **S. Kaneko**, S. Fujii, M. Kiguchi, and T. Nishino* “Single-Molecule Determination of Chemical Equilibrium of DNA Intercalation by Electrical Conductance” *Chemical Communications* 57, 4380-4383 (2021), <https://doi.org/10.1039/D0CC08348H>.
 - A. Aiba, **S. Kaneko**, T. Tsuruoka, K. Terabe, M. Kiguchi, T. Nishino* “Effects of Water Adsorption on Conductive Filaments of a Ta₂O₅ Atomic Switch Investigated by Nondestructive Electrical Measurements” *Applied Physics Letters* 117, 233104 (2020), <https://doi.org/10.1063/5.0028013>. (連絡著者). 査読有.
 - S. Kobayashi, **S. Kaneko***, M. Kiguchi, K. Tsukagoshi, T. Nishino* “Tolerance to Stretching in Thiol-terminated Single-molecule Junctions Characterized by Surface-enhanced Raman Scattering” *The Journal of Physical Chemistry Letters* 11, 6712-6717, (2020), <https://doi.org/10.1021/acs.jpcclett.0c01526>. (責任著者). 査読有.

[学会発表] 17 件
(国際学会)

- S. Kaneko**, T. Nishino “Charge Transfer Enhanced Surface-Enhanced Raman Scattering at Single-Molecule Junctions” The 22nd International Vacuum Congress (IVC-22) Sapporo, Japan 2022/9/15, 口頭.
- S. Kobayashi, **S. Kaneko**, T. Nishino “in-situ Redox Switch in a Terthiophene Single-Molecule Junction using Surface-Enhanced Raman Scattering” The 22nd International Vacuum Congress (IVC-22) Sapporo, Japan 2022/9/13, ポスター.
- S. Kaneko** “Surface-Enhanced Raman Scattering at Metal-Molecule-Metal Junction” International Conference on Physics and Its Applications, San Francisco, CA, (U.S.A.) (Virtual) 2022/7/22, 口頭.
- S. Kaneko**, “Vibrational Spectroscopy for Detection of Localized Surface Plasmon-Induced Reaction on a Single-Molecule Scale” 6th International Conference on Catalysis and Chemical Engineering San Francisco, U.S.A. (Virtual) 2022/2/25, 口頭.

(国内学会)

- 金子哲**, 西野智昭 “単分子接合におけるプラズモン誘起局所加熱効果の接続構造依存性” 応用物理学会秋季学術講演会 仙台 2022/9/22, 口頭.
- 本間寛治, **金子哲**, 塚越一仁, 西野智昭 “SERS 計測を活用したナフタレンジチオール単分子接合の構造解析” 応用物理学会秋季学術講演会 仙台 2022/9/22, 口頭.
- 小林柊司, **金子哲**, 塚越一仁, 西野智昭 “単分子接合中における酸化還元反応の SERS 計測” 応用物理学会秋季学術講演会 仙台 2022/9/21, ポスター.
- 本間寛治, **金子哲**, 西野智昭 “SERS と電気計測によるナフタレン π スタック二量体のキャリア輸送特性の解明” 日本表面真空学会 2022 年度 関東支部講演大会 オンライン 2022/4/11, ポスター.
- 本間寛治, **金子哲**, 塚越一仁, 西野智昭 “SERS 計測によるナフタレンチオール二量体の電子輸送特性の解明” 第 69 回応用物理学会春季学術講演会 ハイブリッドオンライン 2022/3/26, 口頭.
- 金子哲**, 西野智昭 “表面増強ラマン散乱を用いた振動温度による単分子接合における局所加熱効果の観測” 日本物理学会 2021 年 秋季大会 オンライン 2021/9/21, 口頭.
- 小林柊司, **金子哲**, 王映樵, 前田啓明, 福居直哉, 西原寛, 塚越一仁, 西野智昭. テルピリジン誘導体を架橋した単分子接合の電気伝導特性と SERS の計測, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 2021/3/17, 口頭.
- 金子哲**, 安楽岡浩司, 小林柊司, 西野智昭. 二置換ベンゼン誘導体を用いた単分子接合における表面増強ラマン散乱スペクトルの架橋構造依存性, 日本化学 第 101 春季年会, 2021/3/21, 口頭.

9. 安楽岡浩司, **金子哲**, 西野智昭, “表面増強ラマン散乱による 1,4-ベンゼンジチオール単分子接合の温度計測” 日本表面真空学会学術講演会 オンライン 2020/11/21, 口頭.
10. 小林柊司, **金子哲**, 玉木孝, 塚越一仁, 西野智昭, “主成分分析を用いたスピロピラン単分子接合のラマンスペクトルの解析” 日本表面真空学会学術講演会 オンライン 2020/11/21, 口頭.
11. 小泉凌太, 相場諒, **金子哲**, 西野智昭, “一定電圧下での伝導度計測を用いた原子スイッチ内のフィラメント成長過程の追跡” 日本表面真空学会学術講演会 オンライン 2020/11/21, 口頭.
12. 相場諒, **金子哲**, 西野智昭, “タンタル酸化物薄膜中における分子接合の形成” 日本表面真空学会学術講演会 オンライン 2020/11/21, 口頭.
13. **金子哲**, 小林柊司, 西野智昭, “表面増強ラマン散乱を活用した単分子接合における構造遷移の観測” 日本分光学会年次講演会 オンライン 2020/10/27, 口頭.

ホームページ等

- Researcher ID: E-8205-2015
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0351-6681>
- Researchmap: https://researchmap.jp/kaneko_s
- 東京工業大学リサーチリポジトリ-金子 哲
https://t2r2.star.titech.ac.jp/cgi-bin/researcherpublicationlist.cgi?q_researcher_content_number=CTT100510428&alldisp=1&tab_yf=2023

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 K. Homma, S. Kaneko,* K. Tsukagoshi, T. Nishino*	4. 巻 6
2. 論文標題 Dependence of Charge Transfer on the Adsorption Site at MetalMolecule Interfaces: Implications for Single-Molecule Electronic Devices	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Appl Nano Materials	6. 最初と最後の頁 8135 - 8140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.3c01117	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 Shuji Kobayashi, Satoshi Kaneko,* Tomoaki Tamaki, M. Kiguchi, K. Tsukagoshi, J. Terao, T. Nishino	4. 巻 7
2. 論文標題 Principal component analysis of surface-enhanced Raman scattering spectra revealing isomer-dependent electron transport in spiropyran molecular junctions: Implications for nanoscale molecular electronics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 5578 - 5583
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.1c07105	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. Yasuraoka, S. Kaneko,* S. Kobayashi, K. Tsukagoshi, T. Nishino	4. 巻 13
2. 論文標題 Surface-enhanced Raman scattering stimulated by strong Metal-Molecule interactions in a C60 single-molecule junction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials Interfaces	6. 最初と最後の頁 51602 - 51607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acсами.1c09965	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 R. Fukuzumi, M. Buerkle, Y. Li, S. Kaneko, P. Li, S. Kobayashi, S. Fujii, M. Kiguchi, H. Nakamura, K. Tsukagoshi, T. Nishino	4. 巻 17
2. 論文標題 Water Splitting Induced by Visible Light at a Copper Based Single Molecule Junction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 2008109 ~ 2008109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202008109	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 T. Harashima, S. Fujii, Y. Jono, T. Terakawa, N. Kurita, S. Kaneko, M. Kiguchi, T. Nishino	4. 巻 12
2. 論文標題 Single-molecule junction spontaneously restored by DNA zipper	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 2652/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-25943-3	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 T. Harashima, Y. Hasegawa, S. Kaneko, Y. Jono, S. Fujii, M. Kiguchi, T. Nishino	4. 巻 12
2. 論文標題 Elementary processes of DNA surface hybridization resolved by single-molecule kinetics: implication for macroscopic device performance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 2217 - 2224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0SC04449K	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 L. Zhang, S. Kaneko, S. Fujii, M. Kiguchi, and T. Nishino	4. 巻 57
2. 論文標題 Single-molecule determination of chemical equilibrium of DNA intercalation by electrical conductance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4380 - 4383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC08348H	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 Shuji Kobayashi, Satoshi Kaneko, Manabu Kiguchi, Kazuhito Tsukagoshi, Tomoaki Nishino	4. 巻 11
2. 論文標題 Tolerance to Stretching in Thiol-Terminated Single-Molecule Junctions Characterized by Surface-Enhanced Raman Scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 6712 - 6717
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.0c01526	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 Lu Zhang, Satoshi Kaneko, Shintaro Fujii, Manabu Kiguchi, Tomoaki Nishino	4. 巻 57
2. 論文標題 Single-molecule determination of chemical equilibrium of DNA intercalation by electrical conductance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications (in press)	6. 最初と最後の頁 4380 - 4383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC08348H	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 Takanori Harashima, Yusuke Hasegawa, Satoshi Kaneko, Yuki Jono, Shintaro Fujii, Manabu Kiguchi, Tomoaki Nishino	4. 巻 12
2. 論文標題 Elementary processes of DNA surface hybridization resolved by single-molecule kinetics: implication for macroscopic device performance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 2217 - 2224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0SC04449K	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 Akira Aiba, Satoshi Kaneko, Toru Tsuruoka, Kazuya Terabe, Manabu Kiguchi, Tomoaki Nishino	4. 巻 117
2. 論文標題 Effects of water adsorption on conductive filaments of a Ta2O5 atomic switch investigated by nondestructive electrical measurements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 233104/
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0028013	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9件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 金子哲, 西野智昭
2. 発表標題 表面増強ラマン散乱を用いた振動温度による単分子接合における局所加熱効果の観測
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Satoshi Kaneko
2. 発表標題 Vibrational Spectroscopy for Detection of Localized Surface Plasmon-Induced Reaction on a Single-Molecule Scale
3. 学会等名 6th International Conference on Catalysis and Chemical Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林柊司, 金子哲, 塚越一仁, 西野智昭
2. 発表標題 チオフェン環を介した単分子接合の界面構造のSERS計測による観測
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 小林柊司, 金子哲, 西野智昭
2. 発表標題 テルチオフェン単分子接合の表面増強ラマン散乱による構造解析
3. 学会等名 日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本間寛治, 金子哲, 塚越一仁, 西野智昭
2. 発表標題 SERS計測によるナフタレンチオール二量体の電子輸送特性の解明
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 金子哲, 小林柊司, 西野智昭
2. 発表標題 表面増強ラマン散乱を活用した単分子接合における構造遷移の観測
3. 学会等名 日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金子哲, 安楽岡浩司, 小林柊司, 塚越一仁, 西野智昭.
2. 発表標題 C60分子接合におけるSERS活性サイト間の遷移
3. 学会等名 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小泉凌太, 相場諒, 金子哲, 西野智昭
2. 発表標題 一定電圧下での伝導度計測を用いた原子スイッチ内のフィラメント成長過程の追跡
3. 学会等名 日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相場諒, 金子哲, 西野智昭
2. 発表標題 タンタル酸化物薄膜中における分子接合の形成
3. 学会等名 日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

・ Researcher ID: E-8205-2015
・ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0351-6681>
・ Researchmap: https://researchmap.jp/kaneko_s
・ T2R2 東京工業大学 リサーチリポジトリ
https://t2r2.star.titech.ac.jp/cgi-bin/researcherpublicationlist.cgi?q_researcher_content_number=CTT100510428&q_year_from=2022&q_year_to=2022&tab_yf=2022

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