

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03104

研究課題名(和文) 分子間振動の抑制を基軸とした次世代有機半導体材料の創製

研究課題名(英文) Creation of next-generation organic semiconductors based on the suppression of molecular vibrations

研究代表者

岡本 敏宏 (Okamoto, Toshihiro)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号：80469931

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本基盤研究において、研究代表者らはバンド伝導理論に基づき、これまで取り組んできた伝導に携わるパイ電子系骨格への分子屈曲という新概念を採用した分子設計である「分子形状エンジニアリング」に加えて、張り出した分子軌道を有する分子群や分子間振動の影響の低減のための分子軌道の形態に着目した分子設計である「分子軌道エンジニアリング」により、分子間の「振動」と「軌道の重なり(トランスファー積分 t)」に着目した独創性の高い分子設計を展開し、実証に成功した。分子設計からデバイス応用までの一連の研究を通して、実用性の高いバンド伝導性の高移動度有機半導体材料の開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、一連の屈曲型分子群を基盤とした有機化学的アプローチに加え、精密構造解析、計算物理学、デバイス工学、デバイス物理学との連携により、有機半導体材料のさらなる可能性を探ると同時に、有機エレクトロニクス分野の発展に大きく貢献できると予想される研究成果である。また、本研究で取り組んだ「分子間振動の抑制」は、有機材料科学分野への新潮流となる学術的かつ社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：In this research, the principal investigator and coworkers have a high degree of originality, focusing on "molecular vibration" and "molecular orbital overlap" by "molecular shape engineering" in addition to "molecular orbital engineering" based on band transport theory. Thus, the molecular design was demonstrated successfully. Through a series of researches from molecular design to device application, we have developed practical available and band transporting organic semiconductors with high carrier mobility.

研究分野：有機半導体科学

キーワード：有機半導体 パイ電子系 高移動度 分子間振動 分子軌道 分子形状

1. 研究開始当初の背景

近年、キャリア移動度が $10 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ を超える印刷可能な高移動度有機半導体材料 (文献 1) が報告されるようになり、有機半導体を用いた RF-ID タグやセンサーなどの実デバイスへの応用が大いに期待されている。この一連の高移動度有機半導体のホール効果測定や ESR 測定による物性評価から、キャリアが分子間に広がり自由電子的に振る舞うこと (バンドライク伝導) が明らかになっている (文献 2)。このように、 $10 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ を超える高い伝導性が分子間で非局在化したキャリアのバンドライク伝導に基づくことは、実用に耐えうる移動度を有する有機半導体のためにバンド伝導モデルに基づいた新しい分子設計が必要であることを強く示している。バンド伝導モデルでは、有効質量 m^* の自由電子的なキャリアが散乱を受けながら伝導する描像で、移動度 μ は $\mu = e \tau / m^*$ (有効質量 m^* と緩和時間 τ) で表される。そして、キャリアの主な散乱原因は分子間振動であることが、構造欠陥等の少ない単結晶有機半導体の移動度が温度低下とともに上昇する事実からわかる (文献 3)。即ち、トランスファー積分 t が大きいほど m^* は小さく、分子間振動が引き起こすトランスファー積分の乱れ (変化) δt が小さいほど緩和時間 τ は長くなり、移動度は高くなる。大きな t をもつ分子の設計はこれまでのホッピング伝導モデルに基づいた設計アプローチと共通であるが、一ランク上の移動度を実現するバンド伝導モデルに基づく有機半導体のためには、有機半導体材料内でのキャリアの散乱 (キャリア移動度の低下) の主要原因である「分子間振動」を如何に抑制するかが鍵となる。

2. 研究の目的

このような背景のもと、研究代表者ら (以下、代表者と略す) は最近、有機半導体として新しい分子システムである屈曲型パイ電子系骨格に着目し、実用的な有機半導体材料の要件である 1) 高移動度、2) 化学的かつ熱的な高安定性、3) 印刷プロセス性、4) デバイスにおける熱、環境、およびバイアスストレスに対する耐久性などを旨し、分子形状にこだわった独自の分子設計指針に基づき有機半導体材料の開発に取り組んできた。代表者が開発



図 1. 第 1 世代屈曲型パイコア。

した第 1 世代屈曲型パイコア (図 1) は、伝導に携わるパイ電子系コアに「屈曲」という新たな概念を導入し、大きな軌道係数を有する張り出した硫黄元素間の有効的な軌道の重なりによる高移動度化、屈曲させることによる溶解性の向上と分子の回転運動の抑制、即ち、結晶相の安定化を目指した分子である。一連の第 1 世代屈曲型パイコアは、簡便かつ高効率で合成可能であり、集合体構造 (単結晶) で二次元伝導に有利なヘリングボーン構造を有し、塗布単結晶薄膜で $10 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ を超える移動度を示し、その伝導機構がバンドライク伝導であることも明らかにした。また、これまで実現困難であった溶液プロセス性と $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上の結晶安定性の両立を実現し、塗布単結晶デバイスにおいて高い熱ストレス耐性も達成した (文献 1b)。

本研究では、有機半導体の移動度の低下の主要原因である「分子間振動」のさらなる抑制を本提案の基軸とし、代表者がこれまで取り組んできたアプローチである「分子形状」エンジニアリングに加えて、「分子軌道形態」を制御する「分子軌道」エンジニアリングにより高移動度有機半導体の開発と学術基盤を構築することを目的として研究を遂行した。

3. 研究の方法

第1世代屈曲型パイコアの誘導体合成に関する知見を最大限に活用し、第2世代である Zigzag 型と各種置換基を導入した誘導体へ展開した(図2)。得られた一連の化合物は溶液法や物理気相輸送法などの昇華法によって得られた単結晶について、構造解析を行った。得られた結晶構造情報から見積もられるトラ

“分子軌道”エンジニアリング

ジグザグ型

分子長軸方向に広がった分子軌道

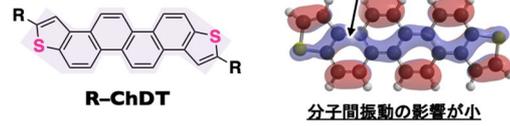


図2. 第2世代屈曲型パイコア.

ンスファー積分 t , 有効質量 m^* および分子間振動 (Δt) などの理論計算の結果から, この段階で有機半導体材料としてのポテンシャルを検討した. また, 得られた化合物の安定性評価および熱的挙動の解明, および温度可変精密構造解析, PYS によるイオン化ポテンシャルの測定を系統的に行った. デバイス評価にあたっては, 材料が持つ真のポテンシャルを發揮すべく単結晶薄膜をベースとしたボトムゲートトップコンタクト型トランジスタを用いた. 特に溶液プロセスからの単結晶薄膜の作製は独自の単結晶製膜法であるエッジキャスト法により行った(文献4). 溶液プロセスで用いる溶媒ならび製膜温度は有機半導体材料の溶解性を考慮し最適化を行った. トランジスタ特性は半導体パラメータアナライザーにより測定した. さらに, 得られた化合物の中で, これまで以上の性能を有する有機半導体については, 実験及び理論の両面から電子伝導機構の検証などを多角的に行った.

4. 研究成果

鍵前駆体である官能基置換硫黄架橋 W 字型および Zigzag 型誘導体から, 各種カップリング反応を用いて, アルキル基, フェニル基およびアルキルフェニル基を導入した誘導体を合成した. 得られた一連の化合物は再結晶法, 昇華精製法, 独自に開発した精製法を組み合わせ, デバイス評価可能な純度のサンプルを調製した. この高純度サンプルを用いて単結晶作製, 安定性評価および熱的挙動解析, 移動度評価を行った. まず, 結晶安定性やデバイス熱耐久性の指標となる結晶相からの相転移温度を見積もったところ, すべての化合物について, 熱安定性に優れた化合物であることが明らかとなった.

得られた誘導体について, 分子間振動の挙動を明らかにするために, 単結晶もしくは粉末による X 線構造解析および温度可変測定による精密構造解析を行った. その結果, 本研究で対象としている分子群は, 期待通り, これまでの研究で得られた一連の誘導体と同様に, 分子間振動について抑制されている挙動を有していることが明らかとなった(図3). さらに, 得られた構造情報に基づき, 2 分子間およびバルク状

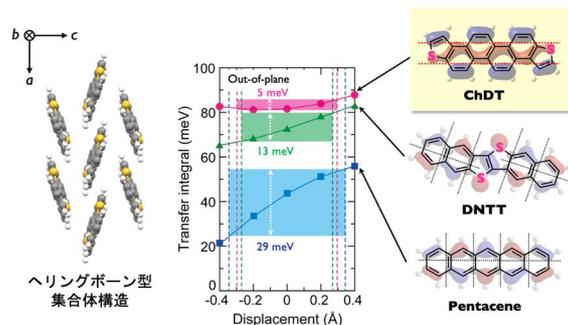


図3. 第2世代屈曲型パイコア ChDT の集合体構造と分子間振動による面外方向のトランスファー積分の変化率.

態の伝導計算を行った結果, 対称分子群は当初計画していなかった伝導形態を有する新しい知見を得た. 得られた知見をさらに展開させるために, 現在継続して検討を進めている.

これまでの構造解析および伝導計算によりスクリーニングされた有望な半導体材料について,

塗布もしくは貼り付け法により単結晶トランジスタを作製し、半導体性能評価を行った。その結果、期待通り世界最高レベルの $10 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ を超える高性能な半導体材料であることが明らかとなった。また、バンド計算から算出した有効質量だけでは、特性評価による移動度を説明ができず、有効的に分子間振動が抑制され移動度の向上に寄与していることを支持する結果が得られた。さらに、粉末もしくは単結晶の温度可変構造解析データを用いた分子動力学計算による詳細な計算からも、分子間振動の抑制効果が確かめられる非常に興味深い結果を得た（論文執筆中）。

以上のように、代表者はバンド伝導理論に基づき、これまで取り組んできた伝導に携わるパイ電子系骨格への分子屈曲という新概念を採用した分子設計である「分子形状」エンジニアリングに加えて、張り出した分子軌道を有する分子群や分子間振動の影響の低減のための分子軌道の形態に着目した分子設計である「分子軌道」エンジニアリングにより、分子間の「振動」と「軌道の重なり（トランスファー積分 t ）」に着目した独創性の高い分子設計を展開し、実証に成功した。分子設計からデバイス応用までの一連の研究を通じて、実用性の高いバンド伝導性の高移動度正孔輸送性 p 型半導体材料の開発に成功した。

また、ごく最近、極端に開発が遅れている電子輸送性 n 型半導体についても、分子間振動抑制に着目した積極的な分子間相互作用の導入した分子設計である「分子間力」エンジニアリングにより、これまで前例のないバンド伝導性かつ優れた環境ストレス耐性を併せ持つ実用性の高い高移動度 n 型有機半導体である含窒素 π 電子系 BQQDI 群の開発にも成功した（図 4、雑誌論文 2）。

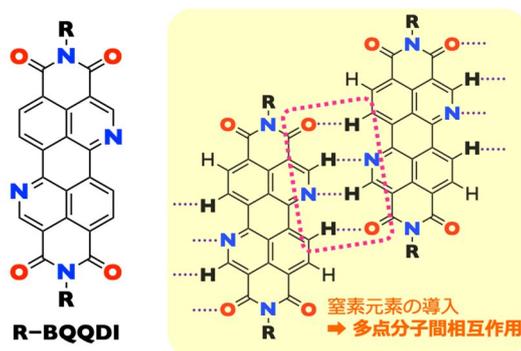


図 4. n 型有機半導体分子 BQQDI 誘導体。

最後に、本基盤研究を通じて、バンド伝導理論に基づく分子形状・分子軌道エンジニアリングに加えて、分子間力エンジニアリングによって、極めて有望な実用に耐えうる p 型および n 型有機半導体材料の開発に成功し、高性能有機半導体の開発のために重要な知見を得ることができた。得られた知見をさらに発展させ、他の分子群の開発を現在進めている。

< 引用文献 >

1. a) K. Takimiya *et al.*, “Alkylated Dinaphtho[2,3-*b*:2',3'-*f*]thieno[3,2-*b*]thiophenes (C_n-DNTTs): Organic Semiconductors for High-Performance Thin-Film Transistors”. *Adv. Mater.*, **23**, 1222-1225 (2011). b) T. Okamoto and J. Takeya *et al.*, “High-Performance Solution-Processable N-Shaped Organic Semiconducting Materials with Stabilized Crystal Phase”. *Adv. Mater.*, **26**, 4546-4551 (2014). c) J. Hanna *et al.*, “Liquid Crystals for Organic Thin-Film Transistors”. *Nat. Commun.*, **6**, 6828 (2015).
2. a) J. Takeya *et al.*, “Free-Electron-Like Hall Effect in High-Mobility Organic Thin-Film Transistors”. *Phys. Rev. B*, **81**, 161306 (2010). b) K. Marumoto *et al.*, “Spatial Extent of Wave Functions of Gate-Induced Hole Carriers in Pentacene Field-Effect Devices as Investigated by Electron Spin Resonance”. *Phys. Rev. Lett.*, **97**, 256603 (2006).
3. J. Takeya *et al.*, “Temperature Dependence of the Hall Effect in Pentacene Field-Effect Transistors: Possibility of Charge Decoherence Induced by Molecular Fluctuations”. *Phys. Rev. B*, **85**, 035313 (2012).

4. J. Takeya *et al.*, “Very High Mobility in Solution-Processed Organic Thin-Film Transistors of Highly Ordered [1]Benzothieno[3,2-b]benzothiophene Derivatives”. *Appl. Phys. Express*, **2**, 111501 (2009).

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 6件）

1. 著者名 T. Okamoto, Craig P. Yu, C. Mitsui, M. Yamagishi, H. Ishii, and J. Takeya	4. 巻 142
2. 論文標題 Bent-Shaped p-Type Small-Molecule Organic Semiconductors: A Molecular Design Strategy for Next-Generation Practical Applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 9083-9096
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b10450	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 T. Okamoto, S. Kumagai, E Fukuzaki, H. Ishii, G. Watanabe, N. Niitsu, T. Annaka, M. Yamagishi, Y. Tani, H. Sugiura, T. Watanabe, S. Watanabe, and J. Takeya	4. 巻 6
2. 論文標題 Robust, high-performance n-type organic semiconductors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sci. Adv.	6. 最初と最後の頁 eaaz0632
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aaz0632	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 T. Makita, A. Yamamura, J. Tsurumi, S. Kumagai, T. Kurosawa, T. Okamoto, M. Sasaki, S. Watanabe, and J. Takeya	4. 巻 10
2. 論文標題 Damage-free Metal Electrode Transfer to Monolayer Organic Single Crystalline Thin Films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 4702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-61536-8	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 H. Ishii, S. Obata, N. Niitsu, S. Watanabe, H. Goto, K. Hirose, N. Kobayashi, T. Okamoto, and J. Takeya	4. 巻 10
2. 論文標題 Charge mobility calculation of organic semiconductors without use of experimental single-crystal data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 2524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-59238-2	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 T. Makita, S. Kumagai, A. Kumamoto, M. Mitani, J. Tsurumi, R. Hakamatani, M. Sasaki, T. Okamoto, Y. Ikuhara, S. Watanabe, and J. Takeya	4. 巻 117
2. 論文標題 High-performance, semiconducting membrane composed of ultrathin, single-crystal organic semiconductors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.	6. 最初と最後の頁 80-85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1909932116	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. Kumagai, A. Yamamura, T. Makita, J. Tsurumi, Y. Y. Lim, T. Wakimoto, N. Isahaya, H. Nozawa, K. Sato, M. Mitani, T. Okamoto, S. Watanabe, and J. Takeya	4. 巻 9
2. 論文標題 Scalable Fabrication of Organic Single-Crystalline Wafers for Reproducible TFT Arrays	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 15897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-50294-x	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 C. P. Yu, R. Kimura, T. Kurosawa, E. Fukuzaki, T. Watanabe, H. Ishii, S. Kumagai, M. Yano, J. Takeya, and T. Okamoto	4. 巻 21
2. 論文標題 Air-Stable Benzo[c]thiophene Diimide n-Type -Electron Core	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 4448-4453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b01239	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. Okamoto	4. 巻 51
2. 論文標題 Next-generation Organic Semiconductors Driven by Bent-shaped -Electron Cores	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polym. J.	6. 最初と最後の頁 825-833
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-019-0180-9	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 Toshihiro Okamoto, Hiroaki Dosei, Masato Mitani, Yoshinori Murata, Hiroyuki Ishii, Ken-ichi Nakamura, Masakazu Yamagishi, Masafumi Yano, Jun Takeya	4. 巻 7
2. 論文標題 Oxygen- and Sulfur-bridged L-shaped π -Conjugated Molecules: Synthesis, Aggregated Structures, and Charge Transporting Behavior	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2309 ~ 2314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201800403	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 Yamamoto Akito, Murata Yoshinori, Mitsui Chikahiko, Ishii Hiroyuki, Yamagishi Masakazu, Yano Masafumi, Sato Hiroyasu, Yamano Akihito, Takeya Jun, Okamoto Toshihiro	4. 巻 5
2. 論文標題 Zigzag-Elongated Fused π -Electronic Core: A Molecular Design Strategy to Maximize Charge-Carrier Mobility	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Advanced Science	6. 最初と最後の頁 1700317 ~ 1700317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/advs.201700317	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 -

[学会発表] 計43件 (うち招待講演 15件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 黒澤 忠法、池田 大次、山元 明人、竹谷 純一、岡本 敏宏
2. 発表標題 ジグザク型クリセノジチオフェン骨格を有する共役高分子における分子配列と半導体特性の相関
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshihiro Okamoto
2. 発表標題 Applicable p-Type Organic Semiconducting Materials
3. 学会等名 SSDM2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Craig P. Yu, Shohei Kumagai, Michitsuna Tsutsumi, Tadanori Kurosawa, Hiroki Sugiura, Yukio Tani, Toshihiro Ise, Tetsuya Watanabe, Jun Takeya, Toshihiro Okamoto
2. 発表標題 Novel Nitrogen-Containing n-Type Organic Semiconductors with Asymmetric Sidechain Engineering
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 敏宏、熊谷 翔平、渡邊 峻一郎、竹谷 純一
2. 発表標題 塗布印刷技術による高性能有機半導体材料の配向制御とトランジスタ応用
3. 学会等名 第68回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新津 直幸、沢辺 千鶴、三谷 真人、石井 宏幸、小林 伸彦、後藤 仁志、広瀬 賢二、小畑 繁昭、中山 尚史、渡邊 峻一郎、岡本 敏宏、竹谷 純一
2. 発表標題 機械学習支援による有機半導体結晶構造解析II
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Craig Peiqi Yu, Shohei Kumagai, Michitsuna Tsutsumi, Tadanori Kurosawa, Hiroki Sugiura, Yukio Tani, Toshihiro Ise, Tetsuya Watanabe, Jun Takeya, Toshihiro Okamoto
2. 発表標題 Asymmetric High-Performance n-Type Organic Semiconductors
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牧田 龍幸、熊谷 翔平、佐々木 真理、岡本 敏宏、渡邊 峻一郎、竹谷 純一
2. 発表標題 転写法により作製した高性能極薄有機単結晶トランジスタ
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 熊谷 翔平、石井 宏幸、谷 征夫、杉浦 寛記、渡邊 哲也、伊勢 俊大、黒澤 忠法、竹谷 純一、岡本 敏宏
2. 発表標題 フェニルアルキル基を有する含窒素ペリレンジイミド誘導体における集合構造および電界効果トランジスタ特性
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Craig P. Yu, Shohei Kumagai, Michitsuna Tsutsumi, Tadanori Kurosawa, Hiroki Sugiura, Yukio Tani, Toshihiro Ise, Tetsuya Watanabe, Jun Takeya, Toshihiro Okamoto
2. 発表標題 Development of Novel Nitrogen-Containing Asymmetric n-Type Organic Semiconductors
3. 学会等名 第 9 回 CSJ 化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小熊 威、熊谷 翔平、谷 征夫、杉浦 寛記、渡邊 哲也、伊勢 俊大、黒澤 忠法、竹谷 純一、岡本 敏宏
2. 発表標題 シアノ基を有する含窒素ペリレンジイミドの合成と基礎物性
3. 学会等名 第 13 回有機 電子系シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 敏宏
2. 発表標題 最先端分子設計技術が切り拓く次世代有機半導体材料の創製
3. 学会等名 東北地区先端高分子セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 牧田 龍幸、山村 祥史、鶴見 淳人、熊谷 翔平、黒澤 忠法、佐々木 真理、岡本 敏宏、渡邊 峻一郎、竹谷 純一
2. 発表標題 転写法を用いた有機単結晶トランジスタ作製
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 熊谷 翔平、諫早 申明、山村 祥史、脇本 貴裕、岡本 敏宏、渡邊 峻一郎、竹谷 純一
2. 発表標題 バンド伝導性n型有機半導体を用いた塗布型単結晶トランジスタの高周波応答特性評価
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新津 直幸、沢辺 千鶴、三谷 真人、石井 宏幸、小林 伸彦、後藤 仁志、広瀬 賢二、小畑 繁昭、中山 尚史、渡邊 峻一郎、岡本 敏宏、竹谷 純一
2. 発表標題 機械学習による有機半導体の構造研究IV
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Craig P. Yu, Shohei Kumagai, Ryoya Kimura, Hiroki Kitamura, Masafumi Yano, Hiroki Sugiura, Yukio Tani, Toshihiro Ise, Tetsuya Watanabe, Jun Takeya, Toshihiro Okamoto
2 . 発表標題 Nitrogen-Containing n-Type Organic Semiconductors with Asymmetric Heterocyclic Sidechains
3 . 学会等名 日本化学会第100春季年会
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Shohei Kumagai, Takeru Koguma, Yukio Tani, Hiroki Sugiura, Tetsuya Watanabe, Toshihiro Ise, Tadanori Kurosawa, Jun Takeya, Toshihiro Okamoto
2 . 発表標題 Effects of electron-withdrawing groups on nitrogen-containing perylene diimide analogues and their properties
3 . 学会等名 日本化学会第100春季年会
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 C. Sawabe, M. Mitani, D. Hashizume, M. Yamagishi, H. Sato, A.Yamano, T.Kurosawa, J. Takeya, and T. Okamoto
2 . 発表標題 Phenyl-substituted Sulfur-bridged V-shaped Binaphthalene Organic Semiconductors: Synthesis, Aggregated Structures, and Application to Organic Field-effect Transistors
3 . 学会等名 E-MRS Spring Meeting 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Mitani, C. Mitsui, Y. Aoki, Y. Murata, A. Yamamura, T. Kurosawa, H. Sato, A. Yamano, M. Yamagishi, M. Yano, H. Ishii, D. Hashizume, J. Takeya, and T. Okamoto
2 . 発表標題 Polymorphism and Phase Transition Behavior of N-shaped Organic Semiconducting Molecules
3 . 学会等名 ILCC2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本敏宏
2. 発表標題 高移動度有機半導体の開発のための分子設計戦略
3. 学会等名 日本固体イオニクス学会主催 第14回固体イオニクスセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本敏宏、熊谷翔平、福崎英治、石井宏幸、谷征夫、杉浦寛記、渡邊哲也、佐藤寛泰、山野昭人、竹谷純一
2. 発表標題 含窒素ペリレンジイミド骨格を有する高性能n型有機半導体材料の創製
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 熊谷翔平、岡本敏宏、石井宏幸、福崎英治、谷征夫、杉浦寛記、渡邊哲也、佐藤寛泰、山野昭人、黒澤忠法、渡邊峻一郎、竹谷純一
2. 発表標題 新奇低分子系 n 型有機半導体の電界誘起ホール効果
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒澤 忠法、池田 大次、山元 明人、竹谷 純一、岡本 敏宏
2. 発表標題 Zigzag型クリセノジチオフエン骨格を有する新規共役高分子半導体の合成と半導体特性
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三谷 真人、三津井 親彦、山村 祥史、山岸 正和、佐藤 寛泰、山野 昭人、橋爪 大輔、石井 宏幸、竹谷 純一、岡本 敏宏
2. 発表標題 大面積塗布型デバイスへの応用を指向した高移動度N字型有機半導体の誘導化と構造物性相関
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 敏宏、三谷 真人、山村 祥史、渡邊 峻一郎、竹谷 純一
2. 発表標題 大面積塗布単結晶化可能な高性能有機半導体材料の開発
3. 学会等名 第67回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 敏宏、池田 大次、山下 侑、渡邊 峻一郎、山元 明人、黒澤 忠法、竹谷 純一
2. 発表標題 剛直なパイ共役骨格を有する高分子半導体材料の電荷輸送特性
3. 学会等名 第67回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小熊威、熊谷翔平、石井宏幸、福崎英治、谷征夫、杉浦寛記、渡邊哲也、黒澤忠法、竹谷純一、岡本敏宏
2. 発表標題 BQQDI 骨格への位置選択的 なシアノ基導入とその電界 効果トランジスタ特性
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 沢辺千鶴、三谷真人、熊谷翔平、石井宏幸、橋爪大輔、山岸正和、佐藤寛泰、山野昭人、竹谷純一、岡本敏宏
2. 発表標題 フェニル基を有する硫黄架橋V字型有機半導体の伝導挙動
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 熊谷翔平、渡邊峻一郎、石井宏幸、福崎英治、谷征夫、杉浦寛記、渡邊哲也、佐藤寛泰、山野昭人、黒澤忠法、竹谷純一、岡本敏宏
2. 発表標題 新奇低分子系n型有機半導体の電子輸送特性
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本敏宏
2. 発表標題 分子形状と分子軌道形態の制御による革新的有機半導体材料の開発
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本敏宏
2. 発表標題 分子形状と分子軌道形態の制御による革新的有機半導体材料の開発
3. 学会等名 日本写真学会主催 第6回アンピエント技術セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本敏宏
2. 発表標題 産業応用を見据えた新規有機半導体材料の開発
3. 学会等名 プリンテッドデバイス技術(PDTec)研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本敏宏
2. 発表標題 産業応用を見据えた有機半導体材料の開発戦略
3. 学会等名 フォトポリマー懇話会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshihiro Okamoto
2. 発表標題 High Mobility Single-Crystalline Organic Semiconductors Exhibiting Chemical and Thermal Robustness
3. 学会等名 IDW18 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本敏宏
2. 発表標題 産業応用を指向した有機半導体材料とプロセス開発：分子設計・合成・構造解析・デバイス実装
3. 学会等名 富士フイルム和光純薬株式会社内講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山泰明, 三谷真人, 佐藤寛泰, 山野昭人, 石井宏幸, 黒澤忠法, 竹谷純一, 岡本敏宏
2. 発表標題 フェニル置換ジグザグ型クリセノ[2,1-b:8,7-b']ジチオフェン半導体分子群の合成と電界効果トランジスタへの応用
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山村 祥史, 渡邊 峻一郎, 三谷 真人, 鶴見 淳人, 岡本 敏宏, 竹谷 純一
2. 発表標題 分子層数制御された極薄有機単結晶を用いた高速トランジスタ
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井宏幸, 新津直幸, 小林伸彦, 広瀬賢二, 渡邊峻一郎, 岡本敏宏, 竹谷純一
2. 発表標題 低分子系および高分子系有機半導体におけるキャリア伝導計算
3. 学会等名 第73回日本物理学会年次春季大会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山村祥史, 渡邊峻一郎, 宇野真由美, 三谷真人, 鶴見淳人, 諫早伸明, 金岡祐介, 岡本敏宏, 竹谷純一
2. 発表標題 分子層数制御された極薄有機半導体単結晶トランジスタの接触抵抗と動的デバイス特性評価
3. 学会等名 第73回日本物理学会年次春季大会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本敏宏
2. 発表標題 屈曲型パイコア群による有機半導体材料のパラダイムシフト
3. 学会等名 分子エレクトロニックデバイス研究所 第19回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本敏宏
2. 発表標題 有機電子材料の精製と精密純度評価の新展開
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本敏宏
2. 発表標題 屈曲型パイ電子系コア群が切り拓く有機エレクトロニクスへの新展開
3. 学会等名 日油研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本敏宏、三谷真人、牧田龍幸、黒澤忠法、竹谷純一
2. 発表標題 塗布結晶化法を用いた高性能有機半導体単結晶薄膜の創製
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧田龍幸、熊谷翔平、都竹康太郎、佐々木真理、渡邊峻一郎、早川晃鏡、岡本敏宏、竹谷純一
2. 発表標題 自発的に形成される有機半導体単結晶/ポリマー界面の有機無機ハイブリッドCMOSインバータへの応用
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017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	橋爪 大輔 (HASHIZUME Daisuke) (00293126)	国立研究開発法人理化学研究所・創発物性科学研究センター・チームリーダー (82401)	
研究分担者	石井 宏幸 (ISHII Hiroyuki) (00585127)	筑波大学・数理物質系・助教 (12102)	