

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02044

研究課題名(和文) 金属錯体など特異な電子系を組み込んだ有機トランジスタ材料の開発

研究課題名(英文) Organic transistor materials incorporating characteristic pi-electron systems such as metal complexes

研究代表者

森 健彦 (Mori, Takehiko)

東京工業大学・物質理工学院・教授

研究者番号：60174372

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,390,000円

研究成果の概要(和文)：広範囲の酸化還元電位や非常に狭いバンドギャップを容易に実現できる金属錯体や二成分の電荷移動錯体などを用いて新概念の有機トランジスタ材料の開発を行った。金属に配位する原子をNO、NN、NSと変えることによってp型からアンバイポーラ型のトランジスタを実現した。多くの電荷移動錯体がトランジスタ特性を示すことを検証し、ドナーとアクセプターの分子軌道が直交することによってn型の特性が出現しやすいことを明らかにした。拡張骨格やフッ素化アルキル基の導入によってピロダニン系n型有機トランジスタ材料の大気安定性の向上を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

フレキシブルエレクトロニクスの実現のために必須な有機トランジスタ材料としてはp型には優れたものが多いが、n型有機半導体には優れたものが少なく、特に大気中で安定に動作するn型有機トランジスタ材料が強く求められている。本研究では金属錯体や二成分の電荷移動錯体を用いて新しい概念のn型・アンバイポーラ有機トランジスタ材料を開発した。また電荷移動錯体のトランジスタの研究により、有機エレクトロニクスの特性改善のために試みられているドーピングが伝導に与える影響について多くの知見を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：New concepts of organic transistor materials are developed by using metal complexes and two-component charge-transfer complexes, where a large range of redox potentials and very narrow band gaps are easily attained. By changing coordinating atoms from NO to NN and NS, p-type and ambipolar transistors are realized. Transistor characteristics are observed in many charge-transfer complexes, and it is found that orthogonality between the donor and acceptor molecular orbitals leads to n-type characteristics. Air-stable n-type transistors are realized by using birhodanine molecules with extended skeletons and fluoroalkyl groups.

研究分野：有機エレクトロニクス

キーワード：有機トランジスタ アンバイポーラトランジスタ 電荷移動錯体

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

一般に有機トランジスタ材料としては p 型には優れたものが多いが、n 型有機半導体には優れたものが少なく、特に空気中で安定に動作する n 型有機トランジスタ材料が強く求められている。本研究では広範囲の酸化還元電位や非常に狭いバンドギャップを容易に実現できる、金属錯体や二成分系の電荷移動錯体などに基づいて、特異な電子系をもった新コンセプトの有機トランジスタ材料の開発を目指した。

2. 研究の目的

本研究では広範囲の酸化還元電位や非常に狭いバンドギャップを容易に実現できる金属錯体や二成分系の電荷移動錯体などに基づいて、特異な電子系をもった有機トランジスタ材料の開発を目指した。同時に電荷移動錯体のトランジスタの学理を解明することによって、有機半導体の分子間相互作用およびエネルギーレベルとショットキーバリアの関係が伝導性に与える影響を総合的に探求する。これによって通常の有機トランジスタはもちろん、有機半導体へのドーピングが伝導に与える影響の基礎理論を構築する。

3. 研究の方法

金属錯体およびピロダニン系のトランジスタは標準的な蒸着膜による薄膜トランジスタとして真空中で特性評価した。電荷移動錯体のトランジスタは基板上にその場で成長させた結晶にカーボンペーストで電極を付けて単結晶トランジスタとして特性評価した。交互積層型だけでなく比較的高伝導の分離積層型電荷移動錯体については蒸着膜による薄膜トランジスタを作製した。新物質についてはできる限り X 線単結晶構造解析を行い、薄膜の X 線回折の結果と比較して薄膜の配向を推測した。エネルギーレベルは電気化学的な酸化還元電位の測定から実験的に決定し、DFT 計算の結果と合わせて評価した。分子性結晶内の分子間相互作用(トランスファー積分)は結晶構造に基づいて DFT 計算によって見積もった。

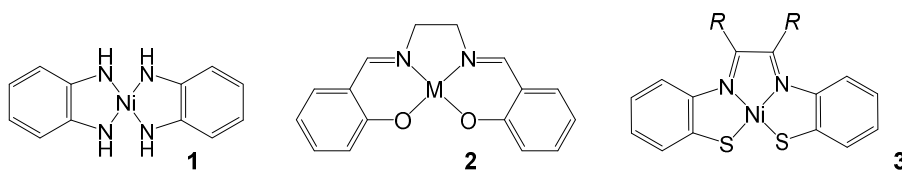
4. 研究成果

(1) 金属錯体トランジスタ材料の開発

フェニレンジアミン 1 を配位子とする金属錯体がテトラテトラコンタン処理した基板上でアンバイポーラトランジスタ特性を示すことを明らかにした。従来の Ni 錯体に代わって Pd 錯体で 1 桁程度高性能のトランジスタ特性を実現した。メチルやフッ素置換した錯体で p 型から n 型への連続的な特性変化を実現した。

サリチルアルデヒド分子を含む salen 金属錯体 2 の p 型トランジスタ特性を明らかにした。

チオサレン系シッフ塩基 3 のトランジスタ特性を測定した。アミノベンゼンチオール錯体は 2 つの配位子が共役しているため HOMO-LUMO ギャップが 0.5-0.6 eV と小さく、アンバイポーラ特性を示すが、チオサレン系の錯体は共役が切れているため LUMO レベルが高く、ホール伝導のみが見られた。



(2) 電荷移動錯体トランジスタの伝導機構の解明

交互積層型電荷移動錯体は(BTBT)(TCNQ)のように n 型トランジスタ特性のみを示すものが多いが(図 1(a))、その原因を明らかにした。ドナー-HOMO には水平の節があるため、TCNQ などのアクセプター-LUMO と直交し(図 1(b))、HOMO・LUMO 間のトランスファーはほぼゼロとなる。その代わりにドナー-next HOMO はアクセプター-LUMO と大きなトランスファーをもち、電子はドナー-next HOMO の混成によって流れる。

中性・イオン性転移をするテトラメチルベンジジン(TMB)錯体について、イオン性領域に近づくと移動度は上昇するがバルク伝導はさらに速く上昇するものの、薄膜化によってトランジスタ特性を測定することに成功した。

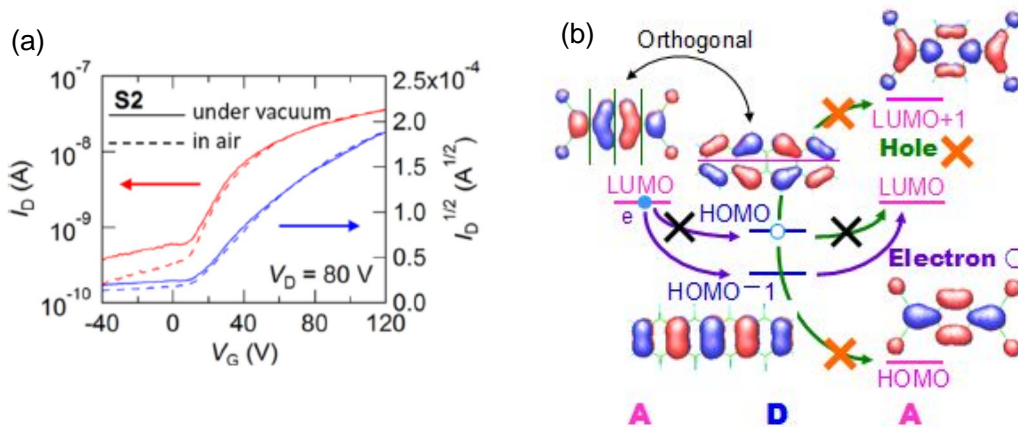
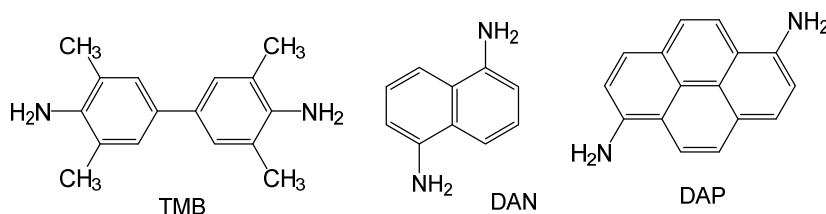


図 1. (a) (BTBT) (F_4TCNQ) の n 型トランジスタ特性と、(b) (tetracene) (TCNQ) のエネルギーレベル。

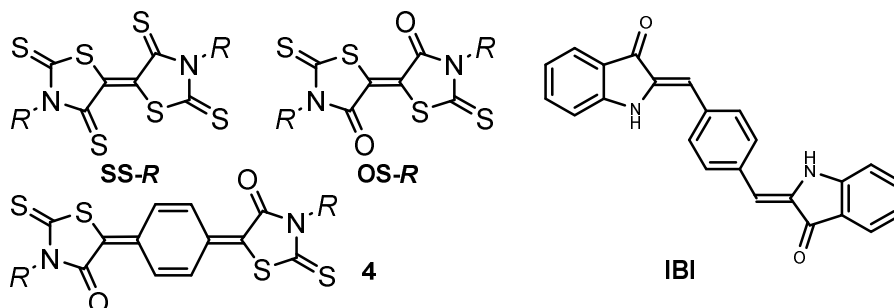


比較的強いドナー性を示すジアミノナフタレン (DAN)、ジアミノピレン (DAP) の錯体について研究を行った。DAN のプロマニルなどパラキノン類との交互積層型錯体は、軌道は直交しないにも関わらず HOMO と next HOMO による電子伝導がキャンセルしあってホール伝導 (p 型伝導) を示す。ただし電極をカーボンから銀に変えると電子伝導も示すようになることから、電極準位からのショットキー障壁の影響と、軌道の形からくる有効トランスファー積分の影響とを統一的に考慮する方法を考案した。一方 DAP との錯体は、ドナー性がはるかに強いにも関わらずドナー-HOMO とアクセプター-LUMO が直交するため電子伝導 (n 型伝導) を示す。TCNQ 類との錯体は電子伝導 (n 型伝導) を示す。伝導性の高い分離積層型構造をもつ錯体でも、蒸着膜を用いることによってアンバイポーラトランジスタ特性を得ることに成功した。

(3) ピロダニン系 n 型有機トランジスタ材料の開発

我々はピロダニンのテトラチオン体 $SS-R$ が大気下でも安定に動作する優れた n 型トランジスタ材料となることを明らかにしてきた。ジチオン体 $OS-R$ は n 型トランジスタとしては動作するものの、大気安定性までは示さない。そこで本研究では拡張骨格をもった 4 のような化合物を合成し、テトラチオン体に匹敵するアクセプター性を有することから大気安定な n 型トランジスタ材料となることを確認した。トリチオン体を合成したところ、 $SS-R$ と $OS-R$ の中間程度の大気安定性を示した。アルキル基にフッ素を含む $R = CH_2CF_3, CH_2C_2F_5, EtPhF, EtPhCF_3$ も中間程度の大気安定性を有する n 型トランジスタ材料となった。LUMO レベルが -4.2 eV あれば完全に大気安定な n 型トランジスタ材料となるが -4.1 eV 以上では多少不安定であることが明らかとなった。

拡張インジゴ骨格をもつ分子 (IBI) を開発し、アンバイポーラトランジスタとして動作することを確認した。インジゴは溶液中や固体中では水素結合によって吸収が長波長シフトして特有の深青色を呈することが知られているが、有機半導体として見た場合も水素結合によってドナー性・アクセプター性が顕著に強くなることを明らかにした。



ピロダニン系アクセプターを交互積層型電荷移動錯体とし、そのトランジスタ特性を観測した。テトラチオン系の場合は強力な S - S 接触のため電子輸送のみが見られるが、ケトンが混じると S - S 接触がなくなり、アンバイポーラ特性となる。

(4) 有機トランジスタの熱起電力の温度変化機構の解明

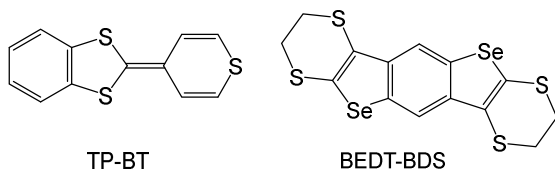
レーザー加熱によって有機トランジスタの熱起電力 S を測定する装置を開発し、ルブレンの熱起電力の温度変化を測定した。伝導度 に相当するトランジスタ特性は半導体的温度依存性を示したが、熱起電力は低温で緩やかに温度に反比例した。 V_G を変えたときの S と \ln の比は S と の活性化エネルギーの比により一定となり、 S からフェルミエネルギーの位置を決め、 を温度と V_G に依存する因子の積に分けることによって、電界効果熱起電力の温度変化の解析法を確立した。

(5) アンチアンバイポーラトランジスタの動作原理

アンバイポーラトランジスタは p 型と n 型トランジスタを並列にしたものとして理解できるが、p 型と n 型を直列にしたアンチアンバイポーラトランジスタを作成し、その特性が伝達特性のみでなく出力特性も、常に飽和領域での特性として理解できることを示した。

(6) 新しいドナー骨格の開拓

P 型トランジスタ材料として、TP-BT を合成し、トランジスタ動作を確認できた。非対称の分子構造がアクセス抵抗の抑制に有効であることを見出した。セレン元素を含む新規半導体 BEDT-BDS を合成した。トランジスタとしての動作は確認できなかったが、これを用いて新規ラジカルカチオン塩 (BEDT-BDS)PF₆ の開発に成功した。物性評価の結果、擬一次元のフェルミ面をもつモット絶縁体であることがわかった。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計34件（うち査読付論文 34件／うち国際共著 8件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 B. Liu, S. Fan, R. Huang, T. Kawamoto, and T. Mori	4. 巻 127
2. 論文標題 Transistor Properties of Charge-Transfer Complexes. Combined Requirements from Energy Levels and Orbital Symmetry	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C,	6. 最初と最後の頁 5125-5133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c08317	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 S. Sen, F. Ishiwari, R. Kaur, M. Ishida, D. Ray, K. Kikuchi, T. Mori, S. Bähring, V. M. Lynch, A. Saeki, D. M. Guldi, J. L. Sessler, and Atanu Jana	4. 巻 145
2. 論文標題 Supramolecular Recognition within a Nanosized "Buckytrap" That Exhibits Substantial Photoconductivity	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 1031-1039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c10555	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 該当する
1. 著者名 T. Higashino and T. Mori	4. 巻 24
2. 論文標題 Small-molecule ambipolar transistors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 9770-9806
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CP05799E	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. Shirahata, S. Kohno, K. Furuta, S. Katayama, K. Suzuki, T. Kawamoto, T. Mori, and Y. Misaki	4. 巻 61
2. 論文標題 Organic Molecular Conductors Based on Tetramethyl-TTP: Structural and Electrical Properties Modulated by the Anion Size and Shape	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorg. Chem.	6. 最初と最後の頁 7754-7764
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.1c04004	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 J. Zhu, and T. Mori	4. 巻 9
2. 論文標題 Output and Negative-Region Characteristics in Organic Anti-Ambipolar Transistors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Adv. Electron. Mater.	6. 最初と最後の頁 2200783
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/aelm.202200783	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. Nishimoto, T. Kadoya, R. Miyake, T. Oda, J. Nishida, K. Kubo, H. Tajima, T. Kawase, J. Yamada	4. 巻 24
2. 論文標題 An isotropic three-dimensional organic semiconductor 2-(thiopyran-4-ylidene)-1,3-benzodithiole (TP-BT): asymmetric molecular design to suppress access resistance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 5562-5569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CE00644H	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. Kadoya, M. Shishido, S. Sugiura, T. Higashino, K. Tahara, K. Kubo, T. Sasaki, J. Yamada	4. 巻 51
2. 論文標題 Crystal Structures and Conducting Properties of Mott Insulator (BEDT-BDS)PF6: Selenium Substitution Effect in the Parent (BEDT-BDT)PF6	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 683-686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220148	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. Kato, H. Matsumoto, and T. Mori	4. 巻 124
2. 論文標題 Absence of HOMO/LUMO Transition in Charge-Transfer Complexes of Thienoacenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. A	6. 最初と最後の頁 146-153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.0c08925	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. Ikeda, D. Yoo, R. Nishikawa, T. Kawamoto, and T. Mori	4. 巻 34
2. 論文標題 Charge Injected Proton Transfer in Indigo Derivatives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 21972-21980
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cp03364f	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. Kawamoto, K. Kurata, T. Mori, and R. Kumai	4. 巻 90
2. 論文標題 A Genuine Mott Insulator: -(BEDT-TTF)TaF6	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 103703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.103703	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. de Caro, K. Jacob, M. Revelli-Beaumont, C. Faulmann, L. Valade, M. Tass, S. Mallet-Ladeira, S. Fan, T. Kawamoto, T. Mori, and J. Fraxedas	4. 巻 278
2. 論文標題 Superconducting Super-Organized Nanoparticles of the Superconductor (BEDT-TTF)2Cu(NCS)2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Synth. Met.	6. 最初と最後の頁 116844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.synthmet.2021.116844	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 該当する

1. 著者名 Y. Le Gal, T. Roisnel, F. Barrيرة, T. Mori and D. Lorcy	4. 巻 45
2. 論文標題 Diselenolene Proligands: Reactivity and Comparison with their Dithiolene Congeners	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New J. Chem.	6. 最初と最後の頁 8971-8977
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1nj01335a	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 該当する

1. 著者名 B. Zhang, Y. Zhang, Z. Wang, D. Wang, D. Yang, Z. Gao, G. Chang, Y. Guo, T. Mori, Z. Zhao, F. Liu, Q. Lie, and D. Zhu	4. 巻 10
2. 論文標題 Organic-Inorganic Hybrid Metallic Conductors Based on Bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene Cations and Antiferromagnetic Oxalate-Bridged Copper(II) Dinuclear Anions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Mater. Chem. C	6. 最初と最後の頁 2842-2852
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1tc04305f	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 該当する

1. 著者名 T. Uekusa, R. Sato, D. Yoo, T. Kawamoto, and T. Mori	4. 巻 12
2. 論文標題 Transistor Characteristics of Charge-Transfer Complexes Observed across a Neutral-Ionic Transition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6. 最初と最後の頁 24174-24183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.0c03898	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. Kato, K. Iijima, D. Yoo, T. Kawamoto, and T. Mori	4. 巻 9
2. 論文標題 Ambipolar Transistor Properties of N2S2-Type Metal Complexes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 870-874
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200281	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. Yoo, T. Hasegawa, A. Kohara, H. Sugiyama, M. Ashizawa, T. Kawamoto, H. Masunaga, T. Hikima, N. Ohta, H. Uekusa, H. Matsumoto, and T. Mori	4. 巻 180
2. 論文標題 Ambipolar Organic Field-Effect Transistors Based on N-Unsubstituted Thienoisindigo Derivatives	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Dyes Pigments	6. 最初と最後の頁 108418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dyepig.2020.108418	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. Yoo, A. Kohara, M. Ashizawa, T. Kawamoto, H. Masunaga, N. Ohta, H. Matsumoto, and T. Mori	4. 巻 20
2. 論文標題 Bulky Phenylalkyl Substitutions to Bisthienoisatins and Thienoisindigos	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cryst. Growth Design.	6. 最初と最後の頁 3293-3303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.0c00087	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. Kiyota, T. Kawamoto, R. Kato, and T. Mori	4. 巻 89
2. 論文標題 Thermoelectric Power of the Multi-Orbital Dimer Mott System, b-(CH ₃) ₄ N[Pd(dmit) ₂] ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 34701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.034701	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. Kiyota, T. Kawamoto, and T. Mori	4. 巻 259
2. 論文標題 Low-temperature properties of thermoelectric generators using molecular conductors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Synth. Met.	6. 最初と最後の頁 116217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.synthmet.2019.116217	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. Kiyota, I. Jeon, O. Jeannin, M. Beau, T. Kawamoto, P. Alemany, E. Canadel, T. Mori, and M. Fourmigue	4. 巻 21
2. 論文標題 Electronic Engineering of a Tetrathiafulvalene Charge-Transfer Salt via Reduced Symmetry Induced by Combined Substituents	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 22639-22646
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CP04320A	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 該当する

1. 著者名 T. Kitamori, D. Yoo, K. Iijima, T. Kawamoto, T. Mori	4. 巻 1
2. 論文標題 Ambipolar Transistor Properties of Metal Complexes Derived from 1,2-Phenylenediamines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Appl. Electr. Mater.	6. 最初と最後の頁 1633-1640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.9b00344	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. Fan, Y. Kiyota, K. Iijima, S. Ryo, T. Kawamoto, Y. Le Gal, D. Lorcy, and T. Mori	4. 巻 21
2. 論文標題 Charge-Transfer Complexes of Sulfur-Rich Acceptors Derived from Birhodanines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CrysEngComm.	6. 最初と最後の頁 5227-5234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CE00952C	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 該当する

1. 著者名 S. Ryo, D. Yoo, K. Iijima, R. Sato, Y. Le Gal, D. Lorcy, and T. Mori	4. 巻 43
2. 論文標題 Temperature-Dependent Characteristics of n-Channel Transistors Based on 5,5'-Bithiazolidinylidene-2,4,2',4'-tetrathiones	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New J. Chem.	6. 最初と最後の頁 11865-11870
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9NJ02731A	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 該当する

1. 著者名 R. Sato, D. Yoo, and T. Mori	4. 巻 21
2. 論文標題 1:2 Charge-Transfer Complexes of Perylene and Coronene with Perylene Diimide, and the Ambipolar Transistors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CrysEngComm.	6. 最初と最後の頁 3218-3222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CE00456D	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. Sanada, D. Yoo, R. Sato, K. Iijima, T. Kawamoto, and T. Mori	4. 巻 123
2. 論文標題 Ambipolar Transistor Properties of Charge-Transfer Complexes Containing Perylene and Dicyanoquinonediimines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 12088-12095
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b01453	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. Yoo, X. Luo, T. Hasegawa, M. Ashizawa, T. Kawamoto, H. Masunaga, N. Ohta, H. Matsumoto, J. Mei, and T. Mori	4. 巻 1
2. 論文標題 N-type Organic Field-Effect Transistors Based on Bisthienoisatin Derivatives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Appl. Elctron. Mater.	6. 最初と最後の頁 764-771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.9b00105	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. Sato, T. Kawamoto, T. Mori	4. 巻 7
2. 論文標題 Asymmetrical Hole/Electron Transport in Donor-Acceptor Mixed-Stack Cocrystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Mater. Chem. C	6. 最初と最後の頁 567-577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8tc05190a	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. Sato, D. Yoo, T. Higashino, and T. Mori	4. 巻 48
2. 論文標題 n-Channel Transistor of 1,5-Dibromo-2,6-Naphthoquinhydrone	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 264-266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.181002	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. Iijima, Y. Le Gal, D. Lorcy, and T. Mori	4. 巻 8
2. 論文標題 Impact of Bulky Phenylalkyl Substituents on the Air-Stable n-Channel Transistors of Birhodanine Analogues	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RSC Adv.	6. 最初と最後の頁 18400-18405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ra03362e	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 該当する

1. 著者名 R. Sato, S. Eda, H. Sugiyama, H. Uekusa, T. Hamura, and T. Mori	4. 巻 7
2. 論文標題 Ambipolar transistors based on chloro-substituted tetraphenylpentacene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Mater. Chem. C	6. 最初と最後の頁 3294-3299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8tc06603e	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. Kadoya, R. Oki, Y. Kiyota, Y. Koyama, T. Higashino, K. Kubo, T. Mori, J. Yamada	4. 巻 123
2. 論文標題 Transport Properties of Molecular Conductors (BSBS)2XF6 (X = As, Sb, and Ta): Investigation of Intermolecular Transfer Integrals in the Radical-Cationic State of Benzothienobenzothiophene-Type Semiconductors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 5216-5221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b10687	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. Narushima, Y. Kiyota, T. Mori, S. Hirata, and M. Vacha	4. 巻 31
2. 論文標題 Suppressed Triplet Exciton Diffusion due to Small Orbital Overlap as a Possible Determining Factor for Ultralong-Lived Room Temperature Phosphorescence in Face-to-Face Molecular Crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Adv. Mater.	6. 最初と最後の頁 1807268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201807268	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. Kawamoto, K. Kurata, and T. Mori	4. 巻 87
2. 論文標題 A New Dimer Mott Insulator: $-(\text{BEDT-TTF})_2\text{TaF}_6$	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 83703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.083703	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 W. Li, T. Mori, T. Michinobu	4. 巻 8
2. 論文標題 Perovskite Solar Cells Based on Hole-Transporting Conjugated Polymers by Direct Arylation Polycondensation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 MRS Commun.	6. 最初と最後の頁 1244-1253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/mrc.2018.119	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48件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 森健彦
2. 発表標題 分子性伝導体の物質設計とエネルギーバンド
3. 学会等名 日本物理学会 2023年春季大会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森健彦
2. 発表標題 ポテンシャルカーブによる有機半導体の結晶構造予測
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 2023年

1. 発表者名 劉 柏言, マレラ ニキル ラオ, 樊 書翔, 黄 若溪, 川本 正, 森 健彦
2. 発表標題 電荷移動錯体のトランジスタ特性
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川本正, 森健彦
2. 発表標題 ダイマーマット絶縁体 -(BEDT-TTF)2TaF6 の構造相転移
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Liu Baiyan, 樊書翔, Huang Ruoxi, 川本 正, 森 健彦
2. 発表標題 Transistor Properties and Charge Polarity of Charge-Transfer Complexes of Fluorene Analogs
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西本 拓史, 角屋 智史, 三宅 力優, 小田 丈志, 西田 純一, 久保 和也, 田島 裕之, 川瀬 毅, 山田 順一
2. 発表標題 等方的3次元有機半導体TP-BTの合成と薄膜トランジスタ特性
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒田 園巳, キム ユナ, 星野 哲久, 角屋 智史, 芥川 智行, 山田 順一, 久保 和也
2. 発表標題 電子ドナー/アクセプター配位子からなる非対称型金()錯体が示す熱的構造相転移
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小田 丈志, 山口 晃司, 角屋 智史, 田島 裕之
2. 発表標題 蓄積電荷測定法による金属/有機半導体界面の電子注入障壁測定
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口 晃司, 角屋 智史, 田島 裕之
2. 発表標題 蓄積電荷測定法を用いたAu/C8-BTBT界面における正孔注入障壁測定
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mallela Nikhil Rao, 森 健彦
2. 発表標題 ジアミノナフタレンのハロゲン化p-ベンゾキノン錯体における正孔優勢の電荷輸送
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川本正, 倉田浩平, 森健彦
2. 発表標題 真性モット絶縁体(BEDT-TTF)TaF6における多形体構造
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田航歩, 劉東昊, 西川龍, 川本正, 森健彦
2. 発表標題 インジゴ誘導体の有機トランジスタにおける水素結合の影響
3. 学会等名 第15回分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Baiyan Liu, Kanae Suzuki, Ryu Nishikawa, Tadashi Kawamoto, Takehiko Mori
2. 発表標題 Structural and transistor properties of charge-transfer complexes of 1,2,3-Trimethyl-2,3-dihydro-1H- benzimidazole (DMBI) and fluorene
3. 学会等名 第15回分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nikhil Rao Mallela , Tadashi Kawamoto, Takehiko Mori
2. 発表標題 Ambipolar transistor properties of segregated charge-transfer complexes
3. 学会等名 第15回分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nikhil Rao Mallela, Tadashi Kawamoto, Takehiko Mori
2. 発表標題 Ambipolar transistor properties of segregated charge-transfer complexes
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 Baiyan Liu, Tadashi Kawamoto, Takehiko Mori
2. 発表標題 Transistor Characteristics of Charge Transfer Complexes of Fluorene Analogs
3. 学会等名 11th International Conference on Flexible and Printed Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junyi Zhu, Takehiko Mori
2. 発表標題 Quantitative analysis of organic anti-ambipolar field-effect transistors
3. 学会等名 11th International Conference on Flexible and Printed Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junyi Zhu, Takehiko Mori
2. 発表標題 Quantitative analysis of organic anti-ambipolar field-effect transistors II
3. 学会等名 応用物理学会春期学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ruoxi Huang, Baiyan Liu, Tadashi Kawamoto, Takehiko Mori
2. 発表標題 Charge ploarity of charge-transfer complexes based on fused and conjugated thiophenes
3. 学会等名 応用物理学会春期学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川本正, 久米田翔平, 森健彦, 熊井玲児, 白旗崇, 御崎洋二
2. 発表標題 半金属的なフェルミ面をもつ有機伝導体(DMEDO-TTF) ₂ ReO ₄ の構造と物性
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takehiko Mori, Ryonosuke Sato, Ryo Sanada, Kodai Iijima, Dongho Yoo, Tadashi Kawamoto
2. 発表標題 Transistors of charge-transfer complexes
3. 学会等名 14th International Symposium on Functional -Electron Systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 劉 東昊, 長谷川 司, 芦沢 実, 川本 正, 松本 英俊, 森 健彦
2. 発表標題 ビスチエノイサチン誘導体を用いた有機電界効果トランジスタ
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 植草 友輝, 佐藤 諒之介, 森 健彦
2. 発表標題 Tetramethylbenzidine電荷移動錯体の有機トランジスタ
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田 航歩, 劉 東昊, 川本 正, 森 健彦
2. 発表標題 拡張インジゴ骨格を用いた有機電界効果トランジスタ
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清田 泰裕, 川本 正, 森 健彦
2. 発表標題 電界効果キャリアドーピングを用いたルブレ単結晶の熱電特性
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川本正, 森健彦, 寺嶋太一, 宇治進也, John A. Schlueter
2. 発表標題 電荷秩序層をもつ有機超伝導体 $1-(\text{BEDT-TTF})_2\text{Cu}(\text{CF}_3)_4(\text{TCE})$ のフェルミ面
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takehiko Mori, Ryonosuke Sato, Ryo Sanada, Kodai Iijima, Dongho Yoo, Tadashi Kawamoto
2. 発表標題 Transistors of Charge-Transfer Complexes
3. 学会等名 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山 恭平, 飯嶋 広大, 劉 東昊, 森 健彦
2. 発表標題 Salen配位子を用いた金属錯体の有機電界効果トランジスタ
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 住元 祐司, 飯嶋 広大, 川本 正, 森 健彦
2. 発表標題 ロダニン骨格を用いたn型有機電界効果トランジスタ
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takehiko Mori, Ryonosuke Sato, Ryo Sanada, Tomoki Uekusa, Kodai Iijima, Dongho Yoo, Tadashi Kawamoto
2. 発表標題 Transistors of Charge-Transfer Complexes
3. 学会等名 13rd Japan-China joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 植草 友輝, 佐藤 諒之介, Yoo Dongho, 川本 正, 森 健彦
2. 発表標題 中性-イオン性転移を伴うTetramethylbenzidine電荷移動錯体の有機電界効果トランジスタ
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 鈴木 叶瑛, Yoo Dongho, 清田 泰裕, 植草 友輝, 川本 正, 森 健彦
2. 発表標題 DMBI誘導体の電荷移動錯体の構造と伝導性
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 川本正, 倉田浩平, 森健彦
2. 発表標題 真性モット絶縁体 -(BEDT-TTF)TaF6の輸送特性
3. 学会等名 日本物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤 優, 松本 英俊, Kim Ji-Seon, 森 健彦
2. 発表標題 電荷移動吸収は必ずしもHOMO-LUMOギャップではない？
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 T. Mori, K. Iijima, Y. Le Gal, T. Higashino, R. Sanada, D. Yoo, R. Sato, T. Kawamoto, D. Lorcy
2. 発表標題 Air-stable n-channel organic transistors based on birhodanines
3. 学会等名 Euro-MRS Spring Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Mori, R. Sato, T. Kitamori, K. Koyama, Y. Kato, K. Iijima, T. Kawamoto
2. 発表標題 Organic Transistors Based on Metal and Donor/Acceptor Complexes
3. 学会等名 International Conference on Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 劉 東昊, 長谷川 司, 芦沢 実, 川本 正, 松本 英俊, 森 健彦
2. 発表標題 ビスイサチン類縁体を用いた有機電界効果トランジスタ
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北森 俊貴, 劉 東昊, 飯嶋 広大, 森 健彦
2. 発表標題 さまざまな中心金属を有する金属錯体を用いたアンパイポラ型有機電界効果トランジスタ
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 眞田 怜, 劉 東昊, 佐藤 諒之介, 飯嶋 広大, 川本 正, 森 健彦
2. 発表標題 ペリレンとDCNQI誘導体の電荷移動錯体を用いたアンバイポーラ型トランジスタ
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 諒之介, 川本 正, 森 健彦
2. 発表標題 オリゴチオフェンとTCNQからなる交互積層型電荷移動錯体におけるキャリア極性
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 諒之介, 劉 東昊, 東野 寿樹, 森 健彦
2. 発表標題 ハロゲン置換ナフトキンヒドロンを用いた有機電界効果トランジスタ
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清田 泰裕, Jeon Je-rang, Jeannin Olivier, 川本 正, 森 健彦, Fourmigue Marc
2. 発表標題 新規電荷移動錯体Me ₂ (SMe) ₂ TTF-TCNQの構造と物性
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川本正, 倉田浩平, 森健彦
2. 発表標題 ダイマーマット絶縁体kappa-(BEDT-TTF)2TaF6の磁気トルク
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 樊 書翔, 清田 泰裕, 飯嶋 広大, 梁 秀鎬, 川本 正, Gal Yann Le, Lorcy Dominique, 森 健彦
2. 発表標題 ピロダニン誘導体をアクセプターに用いた電荷移動錯体のトランジスタ特性
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 諒之介, 劉 東昊, 東野 寿樹, 角屋 智史, 川本 正, 森 健彦
2. 発表標題 電荷移動錯体を用いた有機トランジスタ
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 植草 友輝, 佐藤 諒之介, 森 健彦
2. 発表標題 Pyromellitic Dianhydride錯体を用いた有機トランジスタ
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森健彦, 佐藤諒之介, 眞田怜, 飯嶋広大, 劉東昊, 東野寿樹, 川本正
2. 発表標題 交互積層型有機電荷移動錯体のトランジスタ
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川本正, 森健彦, 杉浦菜理, 寺嶋太一, 宇治進也, 白旗崇, 御崎洋二
2. 発表標題 有機超伝導体(EtDTET)(TCNQ)の超伝導転移と構造
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東工大データベース : https://t2r2.star.titech.ac.jp/cgi-bin/researcherinfo.cgi?q_researcher_content_number=CTT100380401 hal-03245157 https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03245157 hal-03364488 https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03364488/</p>
--

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	角屋 智史 (Kadoya Tomofumi) (70759018)	甲南大学・理工学部・助教 (34506)	

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