

令和 4 年 5 月 31 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02171

研究課題名（和文）分子配向／界面制御に基づく高性能有機トランジスタ実現のための基盤技術開発

研究課題名（英文）Fundamental development for realization of high-performance organic transistors based on molecular orientation and interface control

研究代表者

北村 雅季（Kitamura, Masatoshi）

神戸大学・工学研究科・教授

研究者番号：10345142

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：有機トランジスタの特性向上を目指し、絶縁膜表面の制御、有機半導体-金属界面の制御に取り組んだ。絶縁膜表面の制御については、単分子膜に適度な表面処理を行うことにより、塗布プロセスによる成膜工程を可能にするとともに、スピコート法により $4\text{cm}^2/\text{Vs}$ を超える移動度を達成した。有機半導体-金属界面の制御については、単分子膜と仕事関数の関係を明らかにし、最適な単分子膜の条件を見出した。また、絶縁膜表面の制御については、ゲート絶縁膜の表面処理による閾値電圧制御を再現するとともに、それによって生じた、エネルギー準位の密度を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機トランジスタの移動度は、高いものでは $10\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ に達し、移動度だけを見ると液晶ディスプレイの画素回路として実用化が始まった酸化トランジスタの移動度に匹敵する。フレキシブルデバイスへの応用で注目される有機トランジスタであるが、性能面だけを見ても、アモルファスシリコントランジスタにとって代わる十分なポテンシャルがある。ディスプレイ応用に加え、フレキシブル回路への応用も検討されている。実用化に向けた課題は多いが、本研究により有機トランジスタの特性向上や実用化に向けた有益な知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：For improvement of the characteristics of organic transistors, we worked on the control of the gate insulator surface and the control of the organic semiconductor-metal interface. Regarding the control of the insulating film surface, the organic monolayer was appropriately surface-treated to enable the film formation process by the coating process, and the spin coating method achieved mobilities exceeding  $4\text{cm}^2/\text{Vs}$ . Regarding the control of the organic semiconductor-metal interface, we clarified the relationship between the organic monolayer and the work function, and found the organic monolayer appropriate for improvement of the characteristics in organic transistors. Regarding the control of the gate insulator surface, we reproduced the threshold voltage control by the surface treatment, and successfully estimated the density of the energy level generated by the treatment.

研究分野：半導体デバイス

キーワード：薄膜トランジスタ 有機半導体 単分子膜 閾値電圧

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

有機トランジスタの移動度は、高いものでは  $10 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  に達し、移動度だけを見ると液晶ディスプレイの画素回路として実用化が始まった酸化物(InGaZnO)トランジスタの移動度に匹敵する。フレキシブルデバイスへの応用で注目される有機トランジスタであるが、性能面だけを見ても、アモルファスシリコン(a-Si)トランジスタにとって代わる十分なポテンシャルがある。有機ELテレビの市場が広がりつつあるが、10、20年先には有機トランジスタ駆動の有機ELテレビが普及する可能性もある。有機トランジスタはMOS電界効果トランジスタ(FET)として動作し、電流電圧特性はシリコンのMOSFETとほぼ同じ特性を示すが、有機半導体やその界面に注目すると無機の半導体とは異なる点が多く、有機半導体特有の課題もある。有機半導体は無機半導体と異なり、塗布工程により成膜が可能であるという利点がある。他方、有機溶媒や腐食性のガスなどに対する耐性が弱いという欠点がある。これらを考慮した、有機トランジスタの作製プロセスが求められる。

有機薄膜は真空中で分子を昇華することによって成膜でき、基板温度が室温から200程度で多結晶膜が得られる。その結晶性は分子や基板温度によって大きく異なる。高移動度を実現するためには結晶が大きく、結晶粒界の影響が少ない多結晶膜が必要である。また、基板表面の状態も移動度に大きな影響を与えることから、基板表面の制御も重要である。塗布工程による、有機半導体の成膜についても同様である。

半導体-金属界面の制御は、半導体-絶縁膜界面の制御と同様に重要である。特に、オーミック性、ショットキー性の制御は半導体デバイスへの応用において必要不可欠である。無機の半導体と比べて、電極-有機半導体界面の状態は不明な点が多い。有機半導体の場合に、界面に単分子膜を挿入しエネルギー障壁を下げる試みがあるが、そのエネルギー障壁とキャリア注入の際の電氣的な接触抵抗(コンタクト抵抗)との関係は不明な点もある。

ゲート絶縁膜に使用される酸化膜、特にSiO<sub>2</sub>についてはシリコンのMOSFETを中心に数多くの研究報告がある。酸化膜のエネルギー準位の制御は有機トランジスタにとっても重要である。これまでゲート絶縁膜の表面処理により閾値電圧の制御に成功しているが、その起源については、不明な点がある。その原因は、過剰酸素によるものと予想しているが、そのようは過剰酸素が酸化物中でどのように配置し、さらには、どのようなエネルギー準位を形成するかを調べることはデバイス応用上重要である。

### 2. 研究の目的

(1) 有機トランジスタの高移動度として有利であるとされる単分子膜を形成したゲート絶縁膜について、有機半導体の利点である塗布工程にも適応できる絶縁膜を得ることを目的とする。

(2) 有機半導体-金属界面でのコンタクト抵抗の改善を目指し、単分子膜を形成した金電極について、使用した単分子とその表面仕事関数、また、有機トランジスタのコンタクト抵抗との関係を明らかにする。

(3) 閾値電圧制御を可能にする、ゲート絶縁膜に対する酸素プラズマ処理について、過剰酸素により生じた固定電荷と予想し、それを量子化学計算により明らかにする。また、酸素プラズマ処理により形成されるエネルギー準位の存在を実験的に明らかにし、その密度を定量的に調べることを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1) 有機トランジスタでは通常、無機のゲート絶縁膜を使用する場合、表面に単分子膜を形成することが多い。これは、無機材料の場合、表面準位を形成しやすく、それがトラップ等の原因になり、トランジスタの移動度を低下させるためである。単分子膜は高移動度のためには有効であるが、塗布工程の場合は、溶媒をはじき、成膜を困難にすることが多い。そこで、単分子膜を形成後、表面をUV/ozoneにさらすことにより、溶媒の濡れ性を向上させることを検討した。図1がその作製プロセスである。まず、SiO<sub>2</sub>付Si基板に単分子膜であるHMDSを形成したのち、UV/ozoneにさらす。その後、有機層であるC<sub>8</sub>-BTBTをスピコートした後、電極である金を真空蒸着してトランジスタを作製した。特に、UV/ozone処理の時間を変え、トランジスタを作製し、処理時間とトランジスタ特性の関係を調べた。

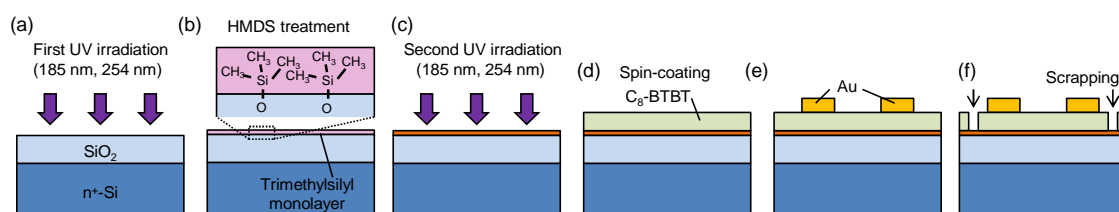


図1 UV/ozone処理した単分子膜を絶縁膜表面に有する有機トランジスタの作製プロセス

(2) 電極表面に図 2 (a)のように単分子膜を形成すると、図 2 (b)のように単分子膜の電気分極により金属の実質的な仕事関数が変化することが知られている。このことを利用して、有機半導体-金属界面のコンタクト抵抗を下げ、有機トランジスタの特性を向上させる研究がこれまで報告されてきた。これまでの研究では、ベンゼン環のパラ位に置換基を導入した単分子膜について数多く調べてきた。本研究では、オルト位、メタ位に置換基を導入することにより、その場合の仕事関数変化および、その電極を有機トランジスタに応用した場合の特性を調べた。

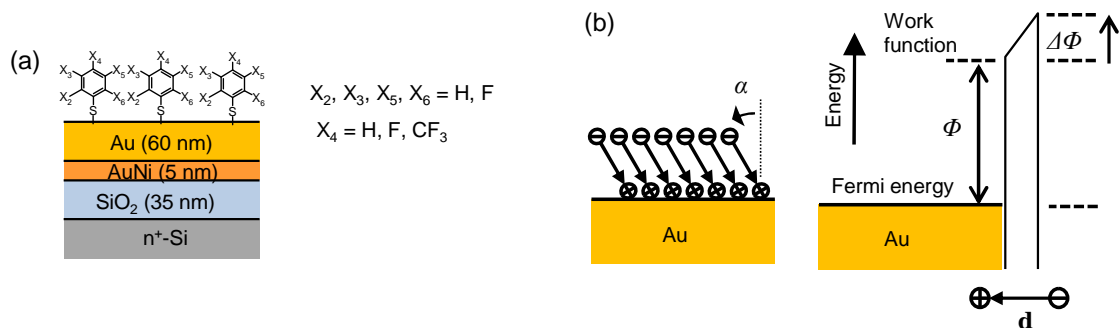


図 2 単分子膜を形成した金電極の概念図と単分子膜の電気分極による仕事関数変化

(3) 有機トランジスタのゲート絶縁膜である SiO<sub>2</sub> 表面を酸素プラズマにさらすと、閾値電圧が正方向にシフトする結果を得ている。これは図 3 (a)のように負の固定電荷により説明できる。ここでは、図 3 (b)の表面を酸素プラズマ処理した SiO<sub>2</sub> について有機トランジスタを作製し、閾値電圧のシフトを確認するとともに、図 3 (c)の MOS キャパシタを作製し、キャパシタンス測定により図 3 (a)に示した界面準位を調べた。

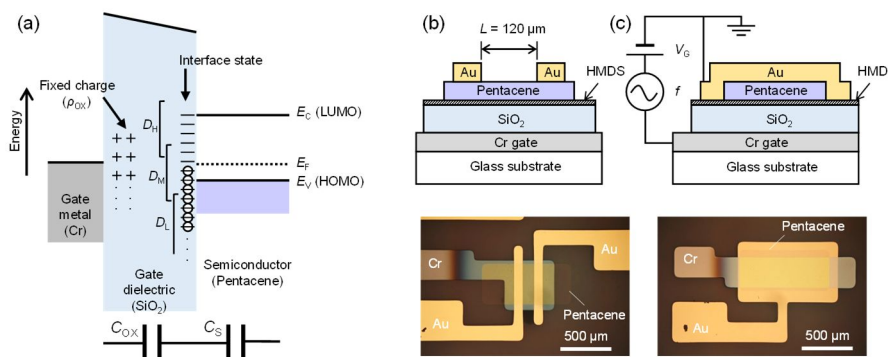


図 3 (a) MOS 構造のエネルギーバンド図、作製した(b)有機トランジスタと(c)MOS キャパシタ

#### 4. 研究成果

(1) 図 1 に示したプロセスにより作製した B8-BTBT トランジスタの電流電圧特性を図 4 に示す。ここでは、(a) UV/ozone 処理なし、(b) UV/ozone 処理 12 分、(c) UV/ozone 処理 60 分のトランジスタの特性を示した。図には、電圧を正から負、そして負から正に変化させてときの結果を示した。結果として、処理なし、60 分の場合にはヒステリシスが表れている。他方、12 分の場合には、行と帰りではほぼ同じ軌跡をたどり、ヒステリシスはほぼない。電流電圧特性から、電界効果移動度を算出したところ、10~20 分で 3~4 cm<sup>2</sup>/Vs 程度の値が得られた。スピコート法により成膜した有機トランジスタとしては比較的高い移動度である。この程度の UV/ozone 処理では、トラップの形成はなく、他方、濡れ性は向上したために得られた結果といえる。この方法、スピコート法のみならず、他の塗布工程にも応用できる可能性があり、この後、さらなる移動度の向上も期待できる。

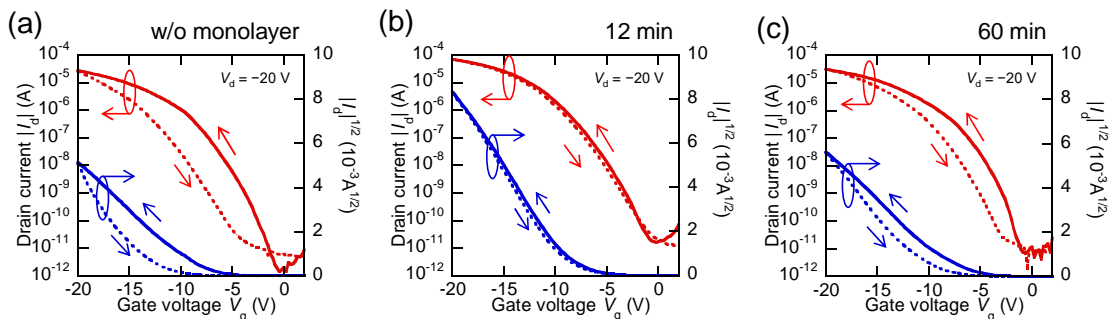


図 4 UV/ozone 処理時間を変えて作製した C8-BTBT トランジスタの電流電圧特性

(2) 図5 (a)は単分子膜として2-FBT, 3-FBT, PFBTというフッ素を有するベンゼンチオール誘導体で表面処理した金電極からの光電子収量分光スペクトルである。矢印で示した,エネルギーが仕事関数に対応する。ここでは3種類の単分子膜のもについて結果を示したが,多くの単分子膜について仕事関数を調べており,仕事関数は,ほぼ,ベンゼンチオール誘導体の電気分極によって説明することができる。図5 (b)は図5 (a)に対応する電極を有する有機トランジスタの電流電圧特性である。2-FBT, 3-FBT, PFBTの順に電流が大きくなっている。仕事関数との比較から,大きな仕事関数の場合に,トランジスタ特性が向上することが分かる。この原因を調べるため,コンタクト抵抗を求めた結果が図5 (c)である。このように,PFBTの場合に,コンタクト抵抗が小さく,電流値の向上はコンタクト抵抗の低下によるものと考えられる。ここでは,3種類の単分子膜について調べたが,他の単分子膜を使用した場合の結果から,必ずしも,大きな仕事関数が電流値の向上に有効とは限らないとの結果を得ている。種々の検討から,単分子膜に利用する分子の長さが短く,かつ,最適な仕事関数があることを示唆する結果を得ている。本研究では,ある有機半導体材料に対する結果を調べたが,本研究での考察は他の材料にも応用可能と考えている。

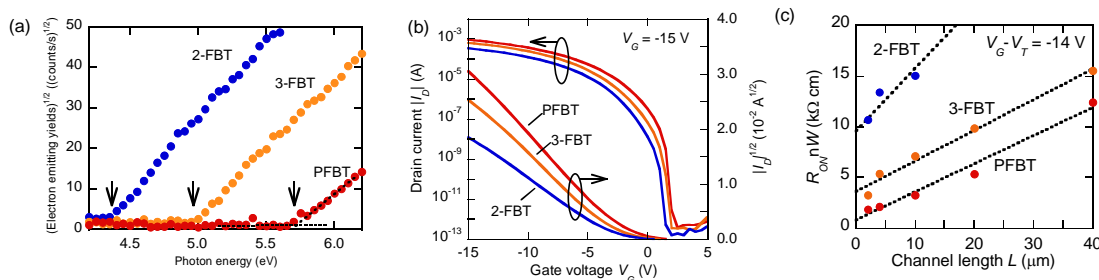


図5 (a)単分子膜を形成した金電極からの光電子収量分光スペクトル, (b)有機トランジスタの電流電圧特性, (c) 有機トランジスタのチャネル抵抗

(3) 有機トランジスタについて,  $\text{SiO}_2$ ゲート絶縁膜の表面を酸素プラズマで0, 10, 20, 30秒処理した場合の, 閾値電圧を図6 (a)に示した。このようにほぼ閾値電圧は処理時間に比例して, 正方向にシフトする。これについてはこれまでも報告してきた結果である。同様の作製プロセスにより MOS キャパシタを作製し, そのキャパシタンス-電圧測定から, 界面準位を求めた結果が図6 (b)である。閾値電圧のシフトはここに示した準位より深いエネルギーのトラップされた電子によるものと考えられ, 図4 (a)に示した  $D_L$  に対応する。他方, 図6 (b)の準位は, 図4 (a)の  $D_M, D_H$  に対応する。これらの準位は通常の動作電圧では, 電子で埋まらず, 閾値電圧のシフトに影響を与えない準位である。他方, ゲート電極に大きな正の電圧を加えると, この準位にも電子がトラップされ, 電流電圧特性に影響を与える。通常の動作では影響はないものの, 逆に, この準位を積極的に利用し, 動的に閾値電圧を制御できる可能性がある。現在, 不揮発性メモリなどを使った, シナプスを模した機能性トランジスタの研究が進んでいるが, ここで示した結果は, そのような機能性トランジスタへの応用も期待できる。

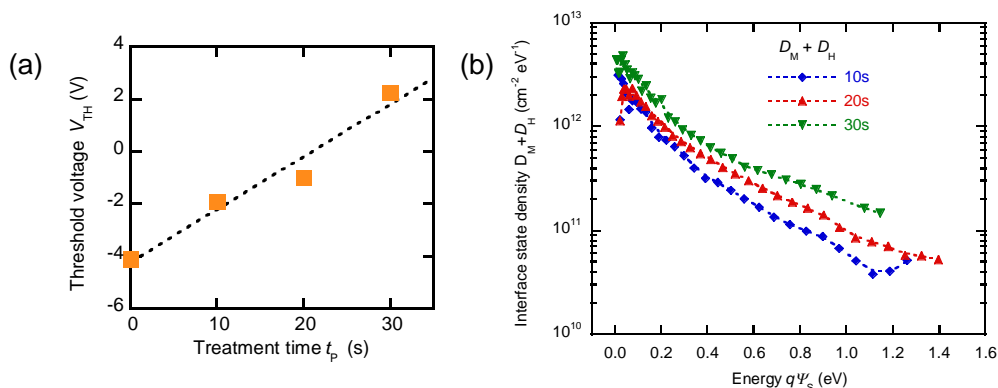


図6 (a)有機トランジスタの閾値電圧, (b)キャパシタンス測定により求めた界面準位密度

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Hattori Yoshiaki, Kitamura Masatoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Crystal Orientation Imaging of Organic Monolayer Islands by Polarized Light Microscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 36428 ~ 36436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.0c08672	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 Kimura Yoshinari, Hattori Yoshiaki, Kitamura Masatoshi	4. 巻 53
2. 論文標題 Energy distribution of interface states generated by oxygen plasma treatment for control of threshold voltage in pentacene thin-film transistors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 505106 ~ 505106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/abb554	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 Moriyama Toki, Umakoshi Takayuki, Hattori Yoshiaki, Taguchi Koki, Verma Prabhat, Kitamura Masatoshi	4. 巻 6
2. 論文標題 Polarization Raman Imaging of Organic Monolayer Islands for Crystal Orientation Analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 9520 ~ 9527
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c06313	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 Oki Kota, Horike Shohei, Yamaguchi Mana, Takechi Chikayo, Koshiba Yasuko, Fukushima Tatsuya, Mori Atsunori, Ishida Kenji	4. 巻 5
2. 論文標題 Thermoelectric thiophene dendrimers with large Seebeck coefficients	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Systems Design & Engineering	6. 最初と最後の頁 809 ~ 814
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0me00017e	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 Hattori Yoshiaki、Kimura Yoshinari、Yoshioka Takumi、Kitamura Masatoshi	4. 巻 74
2. 論文標題 The growth mechanism and characterization of few-layer diphenyl dinaphthothienothiophene films prepared by vacuum deposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Electronics	6. 最初と最後の頁 245 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orgel.2019.07.014	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 Hattori Yoshiaki、Kimura Yoshinari、Yoshioka Takumi、Kitamura Masatoshi	4. 巻 26
2. 論文標題 Data on optical microscopy and vibrational modes in Diphenyl Dinaphthothienothiophene thin films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Data in Brief	6. 最初と最後の頁 104522 ~ 104522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dib.2019.104522	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 Ikematsu Naoki、Takahashi Hayato、Hattori Yoshiaki、Kitamura Masatoshi	4. 巻 59
2. 論文標題 Formation of a mixed monolayer on a gold surface using fluorobenzenethiol and alkanethiol	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDA09 ~ SDDA09
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4ebc	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 Takahashi Hayato、Ikematsu Naoki、Hattori Yoshiaki、Kitamura Masatoshi	4. 巻 59
2. 論文標題 Formation of a monolayer on a gold surface with high thermal stability using benzenedithiol	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDA03 ~ SDDA03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab51ce	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 Hattori Yoshiaki, Kimura Yoshinari, Kitamura Masatoshi	4. 巻 124
2. 論文標題 Nucleation Density and Shape of Submonolayer Two-Dimensional Islands of Diphenyl Dinaphthothienothiophene in Vacuum Deposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 1064 ~ 1069
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b08628	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 Matsuzuka Ryo, Terada Tatsuya, Matsumoto Kaori, KITAMURA Masatoshi, Hirose Tetsuya	4. 巻 59
2. 論文標題 A 42-mV startup ring oscillator using gain-enhanced self-bias inverters for extremely low voltage energy harvesting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SGGL01 ~ SGGL01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab65d4	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 Yoshioka Takumi, Fujita Hiroki, Kimura Yoshinari, Hattori Yoshiaki, Kitamura Masatoshi	4. 巻 5
2. 論文標題 Wide-range work function tuning in gold surfaces modified with fluorobenzenethiols toward application to organic thin-film transistors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Flexible and Printed Electronics	6. 最初と最後の頁 014011 ~ 014011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2058-8585/ab71e3	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 Kimura Yoshinari, Hattori Yoshiaki, Kitamura Masatoshi	4. 巻 59
2. 論文標題 Evaluation of organic metal-oxide-semiconductor capacitors based on a distributed constant circuit	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 036503 ~ 036503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab755b	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36件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 木村 由斉, 服部 吉晃, 北村 雅季
2. 発表標題 酸素プラズマ処理により生じる有機半導体 / ゲート絶縁膜界面準位のエネルギー分布
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第17回研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hayato Takahashi, Naoki Ikematsu, Yoshiaki Hattori, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 Highly thermal-stable monolayers formed on a gold surface using benzenedithiol
3. 学会等名 39th Electronic Materials Symposium
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshinari Kimura, Yoshiaki Hattori, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 Evaluation of carrier mobility in organic metal-oxide-semiconductor capacitors
3. 学会等名 39th Electronic Materials Symposium
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Fujita, Y. Kimura, Y. Hattori, M. Kitamura
2. 発表標題 Bottom-contact pentacene thin-film transistor with threshold voltages controlled by oxygen plasma treatment
3. 学会等名 IEEE EDS Kansai Chapter 第20回「関西コロキウム電子デバイスワークショップ」
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 尾崎 弘樹, 福島 達也, 小柴 康子, 石田 謙司
2. 発表標題 赤外分光法を用いた有機光電変換高分子の安定性評価
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎 亮太, 堀家 匠平, 小柴 康子, 福島 達也, 石田 謙司
2. 発表標題 半導体型 CNT/強誘電ポリマー積層膜の分極制御と熱電変換特性
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小柴康子, 隠岐晃太, 堀家匠平, 山口真奈, 武智恭世, 福島達也, 森敦紀, 石田謙司
2. 発表標題 チオフェンドンドリマーへの化学ドーピングと巨大ゼーベック係数
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大石 菜都美, 福島 達也, 小柴 康子, 石田 謙司
2. 発表標題 有機強誘電体ゲート型フォトランジスタ特性の分極場依存性
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 2021年

1. 発表者名 山崎 亮太, 堀家 匠平, 小柴 康子, 福島 達也, 石田 謙司
2. 発表標題 コロナポーリングにより全面分極した半導体型SWCNTsの熱電変換特性
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 2021年

1. 発表者名 三木佑一郎, 小柴康子, 堀家匠平, 福島達也, 森敦紀, 石田謙司
2. 発表標題 導電性高分子とコンポジット化したチオフェンデドリマーの熱電変換特性
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 2021年

1. 発表者名 東田 憲汰, 小柴 康子, 福島 達也, 石田 謙司
2. 発表標題 pn接合フタロシアニンナノロッド作製とAFMによる局所電気特性評価
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 2021年

1. 発表者名 山田萌菜美, 小柴康子, 福島達也, 石田謙司
2. 発表標題 真空熱重量測定における蒸発係数 の基礎検証
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 2021年

1. 発表者名 北村 雅季
2. 発表標題 酸化物半導体薄膜のガスセンサ応用：揮発性有機化合物の識別可能性
3. 学会等名 日本学術振興会透明酸化物光・電子材料第166委員会 第83回研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳥羽 哲平，服部 吉晃，北村 雅季
2. 発表標題 有機薄膜トランジスタにおける酸素プラズマを用いたパターンニング
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2019年度第1回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞田 武，北村 雅季，服部 吉晃
2. 発表標題 UV/ozone処理を用いた熱酸化膜上単分子膜の被覆率操作
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2019年度第1回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 勇人，池松 直樹，服部 吉晃，北村 雅季
2. 発表標題 金表面に形成したベンゼンジチオール単分子膜の耐熱性評価
3. 学会等名 第80回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 由斉, 服部 吉晃, 北村 雅季
2. 発表標題 MOSキャパシタ構造を利用した有機半導体中のキャリア移動度評価
3. 学会等名 第80回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 服部 吉晃, 木村 由斉, 北村 雅季
2. 発表標題 単層 DPh-DNTT の2次元アイランドにおける異方性
3. 学会等名 第80回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北村 雅季
2. 発表標題 酸化物半導体ガスセンサの研究開発の現状：高感度水素検出に向けて
3. 学会等名 第80回応用物理学会学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Logic Circuits Consisting of Pentacene Thin-Film Transistors with Controlled Threshold Voltages
2. 発表標題 Hajime Takahashi, Masatoshi Kitamura, Yoshiaki Hattori, Yoshinari Kimura
3. 学会等名 IEEE EDS Kansai Chapter 第19回「関西コロキウム電子デバイスワークショップ」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiaki Hattori, Yoshinari Kimura, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 Statistical study of shape for submonolayer 2D islands of DPh-DNTT prepared by vacuum deposition
3. 学会等名 38th Electronic Materials Symposium
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇賀治 瞭介, 岩佐 恒汰, 木村 由斉, 北村 雅季
2. 発表標題 SnO <sub>x</sub> を用いたpチャンネル薄膜トランジスタに対するスパッタパワーと圧力の影響
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2019年度第2回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩田 大輝, 岩佐 恒汰, 木村 由斉, 北村 雅季
2. 発表標題 ガスセンサ応用に向けたSnO <sub>2</sub> 薄膜トランジスタの電流安定性評価
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第16回研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩佐 恒汰, 岩田 大輝, 木村 由斉, 北村 雅季
2. 発表標題 パッシベーション膜を有するpチャンネルSnO <sub>x</sub> 薄膜トランジスタ
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第16回研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱野 凌, 藤田 宏樹, 木村 由斉, 服部吉晃, 北村 雅季
2. 発表標題 フルオロベンゼンチオールを電極表面に修飾した有機薄膜トランジスタ
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第16回研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 由斉, 服部 吉晃, 北村 雅季
2. 発表標題 酸素プラズマ処理が与える有機半導体/絶縁膜界面準位への影響
3. 学会等名 第67応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 服部 吉晃, 北村 雅季
2. 発表標題 偏光顕微鏡を用いた単層DPh-DNTT二次元核の方位決定
3. 学会等名 第67応用物理学関係連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshiaki Hattori, Yoshinari Kimura, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 Nucleation and shape of 2D islands of DPh-DNTT thin-films prepared by vacuum evaporation
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshinari Kimura, Yoshiaki Hattori, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 Voltage and frequency dependence of capacitance characteristics in organic MOS capacitors
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shotaro Watanabe, Yoshinari Kimura, Yoshiaki Hattori, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 Thin-film transistors based on copper phthalocyanine deposited on a gate dielectric rubbed with poly(tetrafluoroethylene)
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoki Ikematsu, Hayato Takahashi, Yoshiaki Hattori, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 The formation of a mixed monolayer on a gold surface toward surface property control
3. 学会等名 10th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Takahashi, Ikematsu Naoki, Yoshiaki Hattori, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 High thermal stability of the benzenedithiol monolayer formed on a gold surface
3. 学会等名 10th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Matsuda, Yoshinari Kimura, Yoshiaki Hattori, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 Surface properties of oriented polytetrafluoroethylene films with a micrometer pitch
3. 学会等名 10th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Fujita, Yoshinari Kimura, Yoshiaki Hattori, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 Bottom-contact pentacene thin-film transistor with threshold voltages controlled by oxygen plasma treatment
3. 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kota Iwasa, Hiroki Iwata, Yoshinari Kimura, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 A p-channel SnO <sub>x</sub> thin-film transistor with a SiO <sub>2</sub> passivation layer
3. 学会等名 7th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructure
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Iwata, Kota Iwasa, Yoshinari Kimura, Masatoshi Kitamura
2. 発表標題 Current stability in SnO <sub>2</sub> thin-film transistors with ultra-thin channel layers toward gas sensor application
3. 学会等名 7th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructure
4. 発表年 2019年



〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

神戸大学大学院・量子機能工学研究室  
<http://www.ep3-ku.org/index.php>

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	石田 謙司  (Ishida Kenji)  (20303860)	神戸大学・工学研究科・教授    (14501)	
研究分担者	服部 吉晃  (Hattori Yoshiaki)  (90736654)	神戸大学・工学研究科・助教    (14501)	

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