

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H02761

研究課題名(和文)革新的グリーンプリントドエレクトロニクスの開発

研究課題名(英文)Development of innovative green printed electronics

研究代表者

酒井 正俊 (Sakai, Masatoshi)

千葉大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：60332219

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではオールトナー型プリントドエレクトロニクスの実現を目指して、要素技術の開発とその原理となる物理的プロセスを明らかにすることを目的としてきた。金属材料(Au, Ag, Cu, Ni, Zn)、カーボン材料(グラファイト、グラフェン、カーボンナノチューブ)、酸化物材料(ITO, ZnO, NiO)を中心として静電転写と超音波焼結を行ってきた。材料の帯電特性と流動性により若干の条件差は生じるものの、実験を行った導電性材料のすべてで、トナー型現像が可能であることを明らかにした。超音波焼結に関しては、Ag, Auだけでなく酸化物半導体のZnO等においても薄膜化が可能であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

導体材料のトナー型プリントは従来難しいと考えられていたが、それを多種多様な導電性材料にて達成し、その物理的な原理を明らかにした。超音波焼結に関しては、熱に弱いプラスチックフィルムを損傷することなく金属のトナーを定着できる手法として、プリントドエレクトロニクス以外の分野においても幅広く活用できる。インクを用いるプリントドエレクトロニクスとは異なる特徴が複数あり、これらの利点を活かせる応用事例が生まれることが期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have developed all toner type printed electronics process and revealed their physical principle. We have clearly demonstrated that the toner type printing is effective for metallic materials such as Au, Ag, Cu, Ni, Zn and Carbon materials such as graphite, graphen, carbon nanotubes and conductive oxide materials such as ITO, NiO, ZnO. We have also demonstrated that a part of developed toners were effectively fixed by our ultrasonic sintering technique, which lead to the fabrication of electrical circuits by novel digital printing.

研究分野：有機半導体デバイス

キーワード：フレキシブルエレクトロニクス プリントドエレクトロニクス トナー 有機半導体 酸化物半導体
薄膜作製 金属粒子 超音波焼結

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

世界的に活発化しているフレキシブル半導体デバイスの研究の中で、有機半導体デバイスは、計量、フレキシブルで、印刷プロセスによって生産課題である点に結び移転を持っている。印刷プロセスはフレキシブルフィルムのロールから低コスト活高スループットでフレキシブルシートデバイスを生産できるという強みがある。ただし、これまでのプリントエレクトロニクス技術の主流はインクジェットやグラビア印刷であり、これらの手法は高精細と大面積、高スループットを両立するのが一般に困難であった。さらに、従来型のいずれの印刷法も、有機半導体をインク化する際に有機溶媒を用いる必要があることも欠点であった。有機半導体を十分に溶解する有機溶媒は一般に特殊なものが多く、その多くは毒性・引火性・発がん性などのネガティブな要素を抱えている。そのうえ、インクを用いる印刷手法はインクに対して粘度や乾燥速度に強い要求が課せられる場合が多々あり、宣伝されているほどには自由自在なプリントができるわけではない。さらには、インクを用いた印刷手法にはコーヒーリング効果と呼ばれる均一膜作製の困難さがあり、これがしばしばプリントエレクトロニクスの進展に問題とされる。申請者の研究グループでは、インクを用いないプリントエレクトロニクスを構想し、その実現可能性を丁寧に検証してきた。

2. 研究の目的

本研究では、オールドナー印刷によるプリントエレクトロニクスを目指して、その要素技術を確認することを目的とする。オールドナー印刷によるプリントエレクトロニクスが実現すれば、環境性能に優れ、高精細と大面積印刷を同時に満足する革新的なプリントエレクトロニクス技術が誕生する。そのためには、現行のトナー型技術に2つの革新が要求される。第1に金属ぞナーのパターニングを可能にすることであり、第2は現在よりもさらに一段の高精細化である。これらの実現のためには、微粒子の安定性・流動性に関する基礎検討が不可欠である。このような基礎的な要素を解明しつつ、オールドナー印刷の実現に向けた検討を行う。

3. 研究の方法

本研究では、申請者がこれまで積み上げてきたトナー型プリントエレクトロニクスの成果をベースとして、この方式の進展を格段に加速する研究を行う。オールドナープリントエレクトロニクスの実現のために、最も高い精細度を要求されるのは金属トナーのパターニングである。さらに、従来のトナー印刷方式が単純に適用し難いのも金属トナーである。本研究では特に金属ナノ粒子のトナーパターニングに力点を置いて、金属トナーの現像法の確立、薄膜化の検討を行っていく。精細度・方式とも、ドキュメントを印刷することを目的としてきた従来型のトナー印刷のままでは満足できるものではないため、より一段の高精細化を目指す。

4. 研究成果

本研究課題以前の研究において、有機半導体、絶縁体についてトナー型パターニングを実現してきた。エレクトロニクスの構成要素としてもう一つ必要なのが導体(金属など)であり、それは回路パターン形成に不可欠である。本研究課題では、Ag、Au、Zn、Niから、透明電極材料のITO、導電性酸化物のZnO、NiO、種々のカーボン材料他について、静電転写を行ってきた。

Agはトータルで最も良好な結果が得られた金属材料である。Auほどには自己凝集効果が強くないため小粒径化が可能であり(後に複合粒子化によってさらに微細粒化が可能となった)、Cuより酸化しやすすくないため、超音波焼結によって薄膜化が可能であった。エレクトロニクスの配線材料ということでも、低抵抗率であることから、各

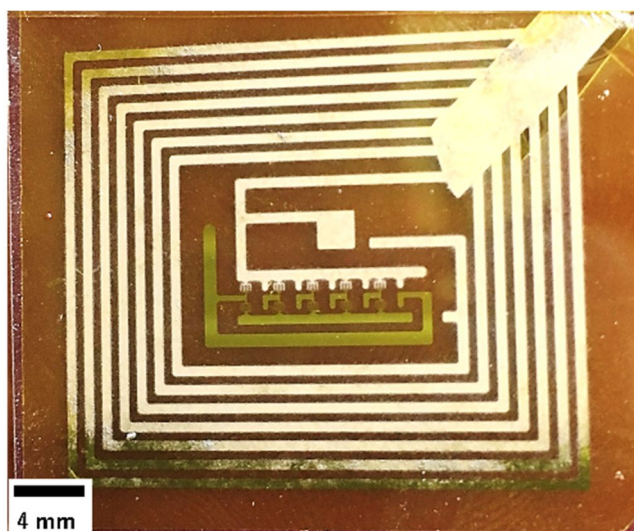


図1. Agトナーによって印刷したRFIDアンテナ型パターン。明るく見える領域にAgトナーが散布されている。パターンの細かさは500 μm line/space相当である。

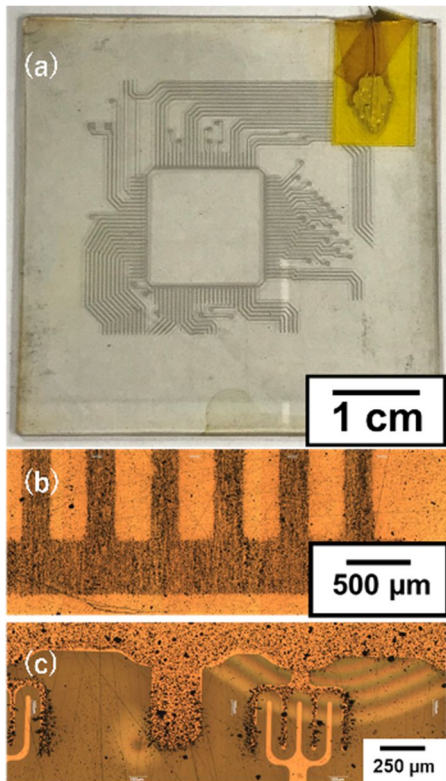


図2. (a) Ag トナーによって印刷した IC 周辺回路パターンの全体像。この図では照明の関係で暗く見える領域に Ag トナーが散布されている。(b) IC 周辺回路パターンの一部を拡大した光学顕微鏡写真。(c) 線幅 30 μm の楕形電極パターンの現像結果を示す光学顕微鏡像。

らかとなった。10 μm 級のくし型電極パターンそのものの描画精度については、後に述べる複合粒子化によってさらに改善された。

現像が完了した時点では、プラスチックフィルム上に載った Ag 粒子に過ぎない。Ag 粒子同士を焼結・融着させて Ag 薄膜としなければエレクトロニクス用の電極パターンとして働かない。現像したトナーのパターンを超音波焼結により定着し、Ag 薄膜化する工程について検討した。超音波焼結には、本研究課題で導入した汎用の超音波ウェルダを用いた。図 3(a)(b)にその結果を示す。図 3(a)に示すように、プラスチックフィルム上に現像された IC 周辺回路パターン上に散布された Ag トナーは、Ag のマイクロ粒子であるので黒く見える。これにカバーフィルムをかけて超音波を印加したところ、図 3(b)のようになった。黒く見えていた Ag トナー同士が超音波の印加により融着し、IC 周辺回路パターンをほぼ保持したまま白銀色に変色した。このように、超音波の印加によってプラスチックフィルム基板に損傷を与えることなく Ag 粒子を Ag 薄膜化することができる。これを超音波焼結という。超音波の作用としては、超音波周波数での打撃と、それにより局所的に発生する熱の効果がある。特にマイクロ Ag 粒子同士の摩擦による局所的な発熱と力学

印刷手法の実際の限界を知るうえでいい指標となる。RFID アンテナ型パターン (500 μm line/space 相当) および IC 回路パターン (250 μm line/space 相当) でのパターンングを実施し、図 1 および図 2 のような結果を得た。照明の関係で図 1 では、明るく見える部分が Ag トナーが散布された領域である。RFID のループアンテナの形状が明確にプリントされている。中央部分と下端部分に暗く見える領域があるが、これは、Ag トナーが静電プリントされた領域を明確に示すためにあえてターゲット電極に電圧を印加しなかった部分と、あえてトナー供給を絞った領域である。500 μm line/space 相当の RFID ループアンテナ形状のパターン形成は十分といえる解像度で実証できた。一方、図 2(a)(b)に示すのが 250 μm line/space 相当の IC 回路パターンである。図 2(a)は全体像で、マイコン周りの回路パターンをかたどった回路パターンで、図 2(b)はその一部を拡大した光学顕微鏡像である。図 2 においては照明の関係で、暗く見える部分が Ag トナー粒子がプリントされた領域である。IC 周辺回路形成についても、描画精度としては十分と考えられる。(後に述べる複合粒子化によって、さらにハイコントラストかつ高精細プリントが可能となった)。また、同じく Ag 粒子で有機トランジスタ用くし型コンタクト電極パターン (線幅 30 μm) の現像も行った。その光学顕微鏡写真が図 2(c) である。対向する一対のくし形電極の上側には転写電圧を印加し、下側には電圧を印加せずに転写を行ったところ、電圧を印加した上側の電極パターンには Ag 粒子が現像され、電圧を印加していない下側電極には Ag 粒子が付着しないという結果が得られた。このように、70 μm 程度まで近接した一対のくし形電極においても、転写電圧の有無により明確な「塗分け」が可能であることが明

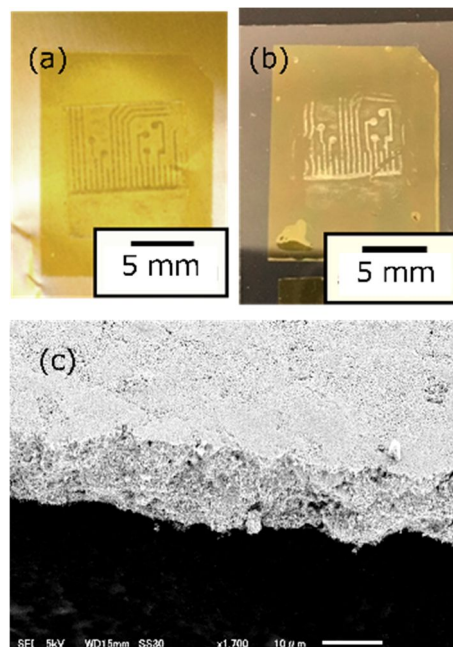


図3. (a) Ag トナーを現像したプラスチックフィルムの写真。(b) (a)に超音波を印加したもの。黒く見えていた Ag トナーが白銀色に変色し、Ag 薄膜化していることがわかる。(c) 超音波焼結された Ag 薄膜の断面の走査型電子顕微鏡像。

的な圧延が相乗して Ag の焼結薄膜が得られたと考えられる。それから、超音波焼結した Ag 薄膜を走査型電子顕微鏡で観察したのが図 3(c)である。図 3(c)には、Ag 薄膜の表面と断面が写っており、表面では Ag 粒子が敷き詰められて粒子が融着しているように見える部分がある。また断面からも、Ag 粒子同士がただ密に詰まっただけでなく、粒子の表面同士が融着していることを伺わせる構造が見られる。超音波焼結した Ag 薄膜の抵抗率評価および改善はこれからの課題でもあるが、厚めの超音波焼結ペレットを用いた 4 端子瘦軀定によると、Ag バルクの抵抗率の 6 倍程度の値が得られている。

金属トナー粒子の平均粒径の低減、流動性の向上を目的として金属トナー粒子の複合粒子化を行った。最も良い結果が得られた Ag + Ni の組み合わせによる複合粒子についてまとめる。Ag, Au 等の貴金属は高導電性と半導体のコンタクトへの適性から、エレクトロニクス用の電極材料として欠かせない。ところがその一方で、表面が活性な金属であるため、ナノ粒子は時間の経過に伴って自己凝集し、製造時の小粒径を長期間にわたって維持できない問題を抱えていた。平均粒径が時間とともに増加してしまうと、プリントの精細度が損なわれることになる。また、均質なプリント結果を得るためには、流動性の確保が不可欠である。そのため、Ag, Au 等のトナー主材料に対して、Ni ナノ粒子などの表面が不活性なナノ粒子をまぶすことによって、体積の大部分は主材料でありながら、流動性があり、自己凝集が抑制され、導電性の低下も最小限に抑制できるような複合材料の開発を目指した。

図 4 1(a)(b)は Ag トナー粒子と Ag + Ni 複合粒子の安息角の比較を示す写真である。Ag 単独トナー粒子は表面活性が高いことを反映して安息角は 73° 程度であったが、Ag + Ni 複合粒子では 54° 程度に低下した。安息角は粒子の流動性が高いほど低下するため、Ag + Ni 複合粒子においては流動性が向上したことが明確にわかる。図(c)は作製した Ag+Ni 複合粒子の走査型電子顕微鏡像で、その粒子の Ni の EDX 像が(d)である。Ag を主成分とする複合粒子表面の特徴的な領域に Ni ナノ粒子が分布していることがわかる。Ni は表面が自然参加されやすいが参加が内部まで進行しにくいいため、Ni 表面同士は Ag と比較して不活性である。不活性な粒子で Ag 粒子の表面を適正に覆うことによって、流動性の向上、ひいては小粒径化が実現された。複合粒子化を最も必要とするトナー材料は Au であるが、研究期間内に最良の母材を選定することができなかったため、Au については今後の課題とするが、スタート材料を適切に選べば、Au + Ni 複合トナーを割く姿勢することは十分に可能である。

最終的には、複合粒子化と小粒径化の試行錯誤(材料に依存する)によって、さまざまな金属および導電性酸化物トナーに関して 30 μm の高精細プリントが可能となった。図 5 は、30 μm の線幅の楕形電極パターンを様々な材料のトナーで描画したものである。Ag+Ni 複合粒子(金属)、Zn 粒子(金属)、NiO 粒子(p 型酸化物半導体)、ZnO 粒子(n 型酸化物半導体)、ITO 粒子(透明電極材料)について、材料を問わず、これまでよりも高精細なパターンの描画が可能となった。図 5

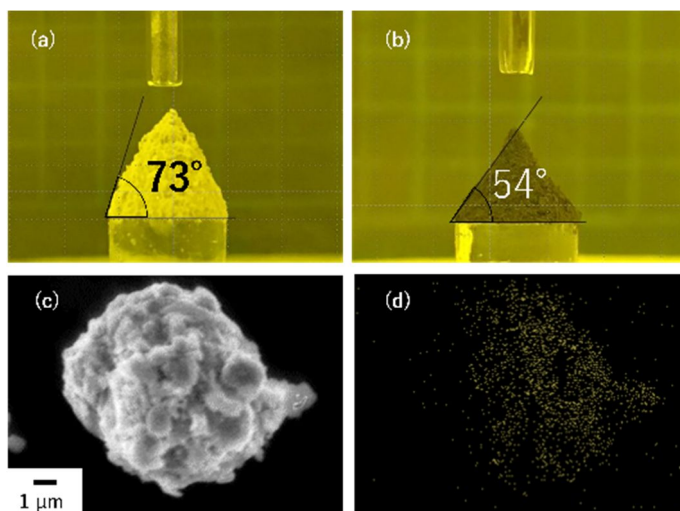


図 4. (a) Ag 単独トナーおよび(b)Ag+Ni 複合粒子トナーによる安息角測定。(c)複合粒子の走査型電子顕微鏡像および(d)Ni 分布を表す EDX 像。緑色の輝点が Ni の分布を表している。

最終的には、複合粒子化と小粒径化の試行錯誤(材料に依存する)によって、さまざまな金属および導電性酸化物トナーに関して 30 μm の高精細プリントが可能となった。図 5 は、30 μm の線幅の楕形電極パターンを様々な材料のトナーで描画したものである。

Ag+Ni 複合粒子(金属)、Zn 粒子(金属)、NiO 粒子(p 型酸化物半導体)、ZnO 粒子(n 型酸化物半導体)、ITO 粒子(透明電極材料)について、材料を問わず、これまでよりも高精細なパターンの描画が可能となった。図 5

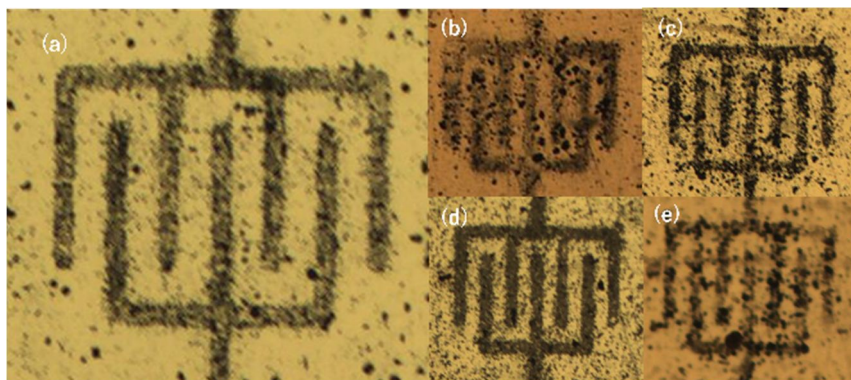


図 5. (a) Ag+Ni 複合トナー、(b) Zn、(c) NiO、(d) ZnO、(e) ITO トナーによる 30 μm 楕形電極パターンの光学顕微鏡像。この写真では黒く見える領域が各トナー粒子のパターンである。

においては材料によってプリント品質に若干の差があるように見えるが、この差は本質的に材料由来の差というわけではなく、材料によって現像条件が少しずつ異なることが本質的な原因である。従って、材料の帯電性・導電性に応じて現像条件を調節することによって、どの材料でも同じ程度の高精細プリントが可能である。また、この他にもグラファイト、カーボンナノチューブ、グラフェン粉末などについてもトナー型印刷が有効であることを示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5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. Horiuchi, Y. Okada, M. Sakai, M. Suzuki, H. Tomiya	4. 巻 2019
2. 論文標題 Solvent-free Printing of Organic Semiconductor, Insulator, Metal, and Conductor Particles on Flexible Substrates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 TechConnect Briefs	6. 最初と最後の頁 361 - 364
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Masatoshi Sakai, Yugo Okada, Yuichi Sadamitsu, Yuta Hashimoto, Nozomi Onodera, Kazuhiro Kudo	4. 巻 217
2. 論文標題 Organic Sensor Array Distributed in Flexible and Curved Surfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physica status solidi A	6. 最初と最後の頁 1900626-1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/pssa.201900626	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 Masatoshi Sakai, Takuto Honda, Kazuhiro Kudo, Yugo Okada, Yuichi Sadamitsu, Yuta Hashimoto and Nozomi Onodera,	4. 巻 12
2. 論文標題 Initial carrier-injection dynamics in organic thin-film transistor observed with time domain reflectometry in thickness direction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 051004-1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7567/1882-0786/ab0b02	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 Masatoshi Sakai, Kento Watanabe, Hiroto Ishimine, Yugo Okada, Hiroshi Yamauchi, Yuichi Sadamitsu, Kazuhiro Kudo	4. 巻 12
2. 論文標題 Thermal Molding of Organic Thin-Film Transistor Arrays on Curved Surfaces	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nanoscale Research Letters	6. 最初と最後の頁 349-346
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s11671-017-2113-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 Masatoshi Sakai, Tokuyuki Koh, Kenji Toyoshima, Kouta Nakamori, Yugo Okada, Hiroshi Yamauchi, Yuichi Sadamitsu, Shoji Shinamura, and Kazuhiro Kudo	4. 巻 8
2. 論文標題 Solvent-Free Toner Printing of Organic Semiconductor Layer in Flexible Thin-Film Transistors	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review Applied	6. 最初と最後の頁 014001-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.8.014001	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 酒井正俊 佐々木達彦 高德幸 岡田悠悟 山内博 貞光雄一 橋本雄太 工藤一浩	4. 巻 117
2. 論文標題 連続的超音波溶融による低耐熱プラスチック基板上へのOTFTの作製	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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29件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 富谷大樹, 鈴木雅士, 小原瑠雅, 酒井正俊, 岡田 悠悟, 工藤 一浩
2. 発表標題 トナー型プリントヘッドエレクトロニクスに向けた銀粒子のパターニングおよび薄膜化
3. 学会等名 2020年第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 酒井正俊, 廖維淞, 田中恭平, 村上裕章, 岡田悠悟, 工藤一浩
2. 発表標題 タイムドメインリフレクトメトリ とデバイスシミュレーションによるOTFT チャネル形成初期過程のナノ秒時間分解解析
3. 学会等名 2020年第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 酒井正俊
2. 発表標題 トナー型プリンテッドエレクトロニクスのための金属、有機半導体、絶縁体のパターンニングおよび薄膜化、
3. 学会等名 日本写真学会第24回アンピエント技術研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井正俊、本田琢人、田中恭平、工藤一浩
2. 発表標題 タイムドメインリフレクトメトリとデバイスシミュレーションによる有機薄膜トランジスタへのキャリア注入過程
3. 学会等名 電子情報通信学会OME研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井 正俊、本田 琢人、田中 恭平、岡田 悠悟、工藤 一浩
2. 発表標題 タイムドメインリフレクトメトリとデバイスシミュレーションによるOTFTのキャリア注入・チャンネル形成過程
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富谷大樹、鈴木雅士、小原瑠雅、岡田悠悟、酒井正俊、工藤一浩
2. 発表標題 オールドナープリンテッドエレクトロニクスにおける導電性粒子パターンニングの高精細化に向けた複合トナー粒子の作製
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 M. Sakai , Y. Miyal , K. Watanabe , H. Ishimine , Y. Okada , H. Yamauchi, Y. Sadamitsu , Y. Hashimoto , N. Onodera , and K. Kudo
2. 発表標題 Plastic Robotics with Organic Thin Film Transistor Array Fabricated on Curved Surfaces
3. 学会等名 10th International Symposium on Organic Molecular Electronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 酒井 正俊
2. 発表標題 無溶媒プリンテッドエレクトロニクスとその曲面への展開
3. 学会等名 千葉大/リコー包括連携テーママッチング
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮井 優一, 瀬名波 大喜, 渡辺 堅斗, 酒井 正俊, 岡田 悠悟, 山内 博, 貞光 雄一, 橋本 雄太, 小野寺 希望, 工藤 一浩,
2. 発表標題 人工触覚の実現に向けた曲面OTFTアレイにおける応力解析
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 堀内 友暉, 鈴木 雅士, 豊島 健司, 酒井 正俊, 岡田 悠悟, 山内 博, 貞光 雄一, 小野寺 希望, 石井 一隆, 工藤 一浩
2. 発表標題 マルチトナープリントテッドエレクトロニクスに向けた金属粒子パターンニングと超音波焼結
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 Masatoshi Sakai, Takuto Honda, Yugo Okada, Hiroshi Yamauchi, Kazuhiro Kudo, Yuichi Sadamitsu, Yuta Hashimoto, Nozomi Onodera
2. 発表標題 Dynamical Carrier Injection Process Observed by Time Domain Reflectometry in OFET
3. 学会等名 The 18th International Discussion & Conference on Nano Interface Controlled Electronic Devices (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木 雅士、堀内 友暉、石田 将也、酒井 正俊、岡田 悠悟、貞光 雄一、橋本 雄太、小野寺 希望、工藤 一浩
2. 発表標題 トナー型プリントドエレクトロニクスに向けたカーボン系導電性材料の静電転写
3. 学会等名 2019年第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀内 友暉、鈴木 雅士、石田 将也、酒井 正俊、岡田 悠悟、貞光 雄一、橋本 雄太、小野寺 希望、工藤 一浩
2. 発表標題 オールトナープリントドエレクトロニクスに向けた金属粒子パターンニングと超音波焼結プロセス
3. 学会等名 2019年第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井 正俊、村上 裕章、村上 和裕、岡田 悠悟、山内 博、貞光 雄一、橋本 雄太、工藤 一浩
2. 発表標題 タイムドメインリフレクトメトリによる有機半導体デバイスのキャリア注入過程のナノ秒時間分解測定
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

1. 発表者名 豊島 健司、堀内 友暉、高 徳幸、酒井 正俊、岡田 悠悟、山内 博、貞光 雄一、橋本 雄太、石井 一隆、工藤 一浩
2. 発表標題 トナー型印刷による有機半導体の高精細・高効率パターンニング
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

1. 発表者名 宮井 優一、渡辺 堅人、伊志嶺 洋人、佐々木 優志、酒井 正俊、岡田 悠悟、山内 博、貞光 雄一、橋本 雄太、工藤 一浩
2. 発表標題 触覚を備えたロボットフィンガーの実現に向けた指先型OFETアレイの内部応力分布測定
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

1. 発表者名 堀内 友暉、豊島 健司、高 徳幸、酒井 正俊、岡田 悠悟、貞光 雄一、橋本 雄太、石井 一隆、工藤 一浩
2. 発表標題 無溶媒プリントプロセスのオールトナー化に向けた 有機デバイス材料のパターンニングと超音波溶融による薄膜化
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

1. 発表者名 堀内 友暉、豊島 健司、酒井 正俊、岡田 悠悟、貞光 雄一、橋本 雄太、石井 一隆、工藤 一浩
2. 発表標題 オールトナー型プリンテッドエレクトロニクスに向けた金属トナーのパターンニングと薄膜化の検討
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 村上 裕章、酒井 正俊、岡田 悠悟、山内 博、貞光 雄一、橋本 雄太、工藤 一浩
2. 発表標題 ペンタセンTFT構造のタイムドメインリフレクトメトリ
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 酒井正俊 佐々木達彦 高德幸 岡田悠悟 山内博 貞光雄一 橋本雄太 工藤一浩
2. 発表標題 連続的超音波溶融による低耐熱プラスチック基板上へのOTFTの作製
3. 学会等名 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masatoshi Sakai, Tokuyuki Koh, Kenji Toyoshima, Yuki Horiuchi, Yugo Okada, Hiroshi Yamauchi, Kazuhiro Kudo, Yuichi Sadamitsu, Yuta Hashimoto
2. 発表標題 Solvent-free printing of organic devices
3. 学会等名 International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE9) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masatoshi Sakai, Kento Watanabe, Hiroto Ishimine, Yugo Okada, Hiroshi Yamauchi, Kazuhiro Kudo, Yuichi Sadamitsu, Yuta Hashimoto
2. 発表標題 Organic thin film transistor array fabricated on curved surface
3. 学会等名 International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE9) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masatoshi SAKAI, Kazuhiro KUDO
2. 発表標題 Solvent-Free Printed Electronics by Electrophotography
3. 学会等名 IUMRS-ICAM 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 酒井正俊、村上 裕章、村上 和裕、岡田 悠悟、山内 博、工藤 一浩、貞光 雄一、橋本 雄太
2. 発表標題 タイムドメインリフレクトメトリによる有機MISキャパシタのキャリア注入過程
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会第14回研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 酒井正俊
2. 発表標題 インクを用いないトナー型プリンテッドエレクトロニクス
3. 学会等名 応用物理学会 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会講習会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masatoshi Sakai
2. 発表標題 Toner-type Printed Electronics
3. 学会等名 EMN Orlando Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 酒井 正俊、富谷 大樹、鈴木 雅士、小原 瑠雅、工藤 一浩
2. 発表標題 プリントエレクトロニクス用Agトナーの高精細パターン形成
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井正俊、富谷大樹、鈴木雅士、小原瑠雅、唐澤幸一、片口雅貴、澤村史也、工藤一浩
2. 発表標題 トナー型プリントエレクトロニクスによるIC回路パターン形成と超音波焼結
3. 学会等名 電子情報通信学会OME研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤村史也、富谷大樹、唐澤幸一、片口雅貴、酒井正俊、工藤一浩
2. 発表標題 トナー型プリントエレクトロニクスに向けた様々なナノ粒子の現像
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 酒井正俊、工藤一浩	4. 発行年 2017年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 523
3. 書名 プリント・エレクトロニクスに向けた材料、作製プロセス技術の開発	

1. 著者名 酒井正俊	4. 発行年 2020年
2. 出版社 矢野経済研究所	5. 総ページ数 115
3. 書名 Yano E Plus	

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 プリントドエレクトロニクス製造方法、および複合導体粒子	発明者 酒井正俊	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願 2020 - 051534	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 有機半導体デバイスの製造方法、および粉体	発明者 酒井正俊	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-535020	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 有機半導体デバイスの製造方法、および粉体	発明者 酒井正俊	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2016/075215	出願年 2017年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

Electronic Device Lab Web site https://techlab6.wixsite.com/portfolio

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	工藤 一浩 (Kudo Kazuhiro) (10195456)	千葉大学・大学院工学研究院・名誉教授 (12501)	2020年4月より名誉教授

6. 研究組織（つづき）

	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	岡田 悠悟 (Yugo Okada) (50756062)	千葉大学・先進科学センター・特任助教 (12501)	2020年3月にて退職 その後、実験・情報補助にて参画

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