

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04156

研究課題名（和文）有機-シリコン混成回路による高機能・超低価格使い捨てヘルスケアセンサの実現

研究課題名（英文）Multi-functional and ultra-low-cost disposable healthcare sensors using organic-silicon hybrid circuits

研究代表者

佐藤 高史（Takashi, Sato）

京都大学・情報学研究科・教授

研究者番号：20431992

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：柔軟に曲がる基板上に作製可能な有機トランジスタと低消費電力で高機能なシリコントランジスタの利点を相補的に活用することで、使い捨てにも耐える低コスト性と設計・製造の短期化が可能な「有機-シリコン混成回路」の構成方法について検討した。特に、これまで十分に設計手法が確立されていなかった有機トランジスタを用いて、複数箇所を選択的に測定可能とするセンサアレイ回路、及びシリコントランジスタ回路に接続するためのインタフェース回路の設計方法を示し、試作によりその実現性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機トランジスタを用いて作成されるセンサ回路は、表面筋電位や皮膚インピーダンス測定で用いられるプローブを大幅に安価とし、個人が使い捨てで使えるようにするための鍵となる。本研究ではセンサ回路の測定対象をこれらのバイタル情報に絞って、有機トランジスタの特長を活かしつつ、2次元アレイ状に電極とその選択回路を並べ、複数箇所を測定する方法を与えている。さらに、高性能なシリコン回路と接続する回路の構成を示している。これらを活用することで、安価かつ効果的な個人レベルでのヘルスケア実現に資する。

研究成果の概要（英文）：By combining the advantages of organic transistors, which can be fabricated on flexible and bendable substrates, and silicon transistors, which are highly power efficient and versatile, we investigated a method for constructing "organic-silicon hybrid circuits" that can be designed and fabricated quickly and at disposable low cost. Specifically, using organic transistors, for which design methods are not yet fully established, we demonstrated a design method for a sensor array circuit that enables measurement at multiple locations, and an interface circuit for connection to a silicon transistor circuit. The feasibility of the proposed circuits was verified by test-chip measurements.

研究分野：集積回路工学

キーワード：有機トランジスタ センサ回路 スイッチマトリクス バイアス生成回路

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。

1. 研究開始当初の背景

情報処理の対象は、日々広がっている。同時に、処理される情報の絶対量が爆発的に増えている。こうした多様な情報処理の中には、最先端のデバイスを用いることが必ずしも最適とはならない応用も多数存在する。例えば、湿布などの貼り薬のように皮膚に貼り付けて生体情報を取得するヘルス・モニタリングにおいては、衛生上の理由から一定期間ごとに交換し使い捨てにできることが望ましい。さらに、測定対象となる人の体は、一人ひとり形が異なっている。ハサミを用いて湿布を必要な形状に整えて患部に適切にフィットさせるように、ヘルス・モニタリングにおいては、測定範囲に応じて電極のレイアウトを様々な配置や形状に柔軟に対応させられることが望ましい。また、筋電位や皮膚インピーダンス等、モニタリングの対象に応じて、回路機能も最適にカスタマイズできればさらに望ましい。

本研究では、このような要求を満たし、さらに設計と製造を低コストかつ短時間で行える可能性のあるデバイスとして、有機トランジスタ (OTFT) に着目する。OTFT は、柔軟な基板の上に有機半導体材料や配線を印刷技術等により形成することで、比較的大面積のセンサや電子回路として動作させる事ができる電子デバイスである。

絶え間ない材料等の改善により、移動度等、OTFT の電気的特性は継続的に向上している。簡易なプロセッサ等の論理回路や、RF-ID タグ等のアナログ回路が作成されるようになった [1, 2]。しかしこれら OTFT を用いて構成する回路 (以下有機回路) は、ばらつきが大きいなど現時点ではまだ十分に成熟していないトランジスタを使いこなす、高度な設計技術に支えられている。シリコン集積回路のように、設計ライブラリと設計ツールを組み合わせれば、ある程度誰にでも設計ができる、という段階には程遠いのが現状である。結果として、実現される機能に対する設計コストは、シリコン回路と比較し高価となっている。将来の設計自動化に向けて、多くの有機回路の設計がなされることが重要である。ただし、印刷技術による半導体層や配線層の形成では、面積が大きいほどばらつきの影響も大きくなる傾向にあるため、有機回路の設計難易度はより高い。加えて、時間経過に伴うデバイス特性の劣化もシリコンと比較して著しく大きいなど、回路設計、レイアウト設計による様々な工夫が必要となっている。

2. 研究の目的

OTFT とシリコン集積回路を組み合わせる有機-シリコンハイブリッド回路は、シリコン集積回路のみでは得られない複数の新たな価値を提供し得る。例えば、(1) 印刷技術を応用する「短時間製造」(2) フレキシブルな基板を用いることで、人体など立体的な形状に沿って貼り付け変形できる「柔軟性」、および、(3) 比較的大きな面積を覆い能動素子で選択した箇所を測定する「多点測定」、等が挙げられる。とりわけ多点測定は、受動素子で構成され、そのために対応する一箇所の測定に限定されていた既存のセンサプローブに対し、大幅に優れている。さらに、物理的複製困難関数回路と呼ばれる個体識別のための関数を提供する回路等をセンサ回路とともに作り込み、個人情報であるヘルスケア情報を保護するセキュリティ機能を付加すること等も可能である [3]。

本研究では、OTFT の持つ複数の利点を最大限に活用し、都度の使い捨てが可能なセンサ回路を安価に設計・製造できる設計手法を構築し、シリコン回路と接続し OTFT を有効に活用できる有機-ハイブリッド回路の設計手法を示すことを目的とする。

3. 研究の方法

OTFT は、ガラスやプラスチックフィルムなどの基板の上に電極や配線などの金属層、絶縁膜層、半導体層などを堆積させて作成する薄膜トランジスタの一種であり、シリコンなどの無機材料による MOSFET と同様の金属-絶縁体-半導体の積層構造により構成される。図 1(a) にガラス基板上に OTFT を作製したチップの例を示す。

OTFT のうち、ゲート電極及び絶縁膜層が半導体層より下側に存在するものをボトムゲート構造、上側に存在するものをトップゲート構造と呼ぶ。また、ソース/ドレイン (S/D)

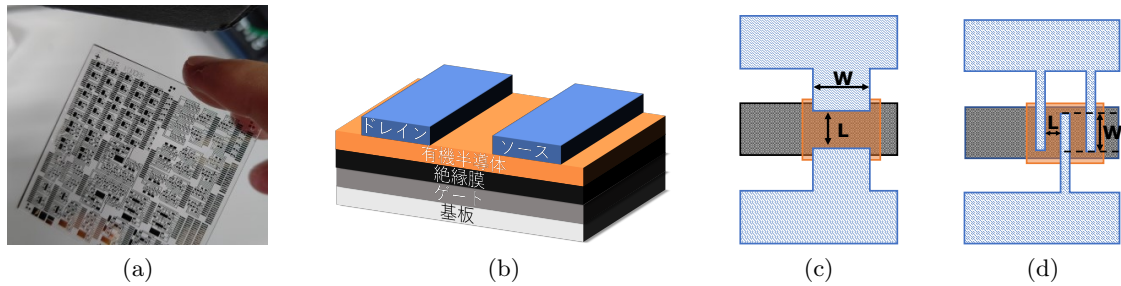


図 1: OTFT の構造とレイアウト

電極が有機半導体層より下側に存在するものをボトムコンタクト構造、上側に存在するものをトップコンタクト構造と呼ぶ。本研究では、ウェアラブル化等に適する低電圧での駆動が可能であり、移動度に優れるボトムゲート・トップコンタクト (BGTC) 構造の OTFT を対象とする。図 1(b) は、BGTC 構造の OTFT を上から見た様子を表す。OTFT の S/D 電極は、図 1(c) または図 1(d) に示すレイアウトにより実現される。ただし、図中の L , W はそれぞれ、一つの OTFT のチャンネル長、チャンネル幅を表す。

楕円形レイアウトを用いることで、図 1(c) と比較し小面積でよりチャンネル幅の大きな OTFT を設計できる。そこで本研究では、全ての OTFT を図 1(d) に示す楕円形レイアウトを用いて設計する。

4. 研究成果

(1) OTFT デバイス特性のレイアウト依存性

OTFT の設計では、位置合わせの精度を考慮して、各レイアウト層の重なり周囲に製造上の最小寸法程度の合わせマージンを持たせる。ゲート、S/D 各電極と有機半導体、絶縁膜の各層の大小関係には自由度があり、異なるレイアウトが存在する。本研究では、OTFT のレイアウトを EXT-EXT 構造、EXT-ENC 構造、および ENC-EXT 構造の 3 種に分類し、BGTP 構造の低電圧 OTFT においてレイアウト層間の重なりが OTFT の電気特性に極めて重要であることを実験的に見出した [4]。

EXT-EXT 構造では、ゲート電極と絶縁膜を基準として有機半導体を大きく設計し、さらに S/D 電極の先端が有機半導体の外に出る (図 2(a))。EXT-ENC 構造では、ゲート電極と絶縁膜に対し有機半導体を大きく設計するが、S/D 電極先端は絶縁膜の内側にある (図 2(b))。また、ENC-EXT 構造では、ゲート電極と絶縁膜よりも有機半導体層が内側にあり、S/D 電極先端はゲート電極と絶縁膜層よりも外に広がる (図 2(c))。

ENC-EXT 構造では、ゲート電極と S/D 電極が絶縁膜を挟んで接する。このため、薄い絶縁膜を介してゲートリーク電流が流れる。また、現在の OTFT では絶縁膜の短絡故障が確率的に発生するため、高い歩留まりが求められる回路での使用は避けるべきである。EXT-EXT 構造では、S/D 間にゲートに制御されない有機半導体が存在する。S/D 間に電位差が与えられると、有機半導体を通してリーク電流が流れる。特に、OTFT がオフ状態の場合には、印加電圧に電流が比例する抵抗的な特性となる。EXT-ENC 構造を用いることで、ゲートリーク電流と S/D リーク電流の両者を低減できる。この知見を活かして、本研究では主に EXT-ENC レイアウトを用い、必要に応じて EXT-EXT レイアウトも活用する。さらに有機半導体 DNTT (dinaphtho[2,3-b:2',3'-f]thieno[3,2-b]thiophene) [5] が抵抗と同様に振る舞うことを利用して、センサインタフェース回路を設計した。

(2) 多点測定用スイッチマトリクス回路

基本的な生体センサとして、二点間の電位差を生体信号として測定することを想定した。生体信号の測定対象となる筋肉などの大きさや形はそれぞれ異なり、さらに、個人ごとで

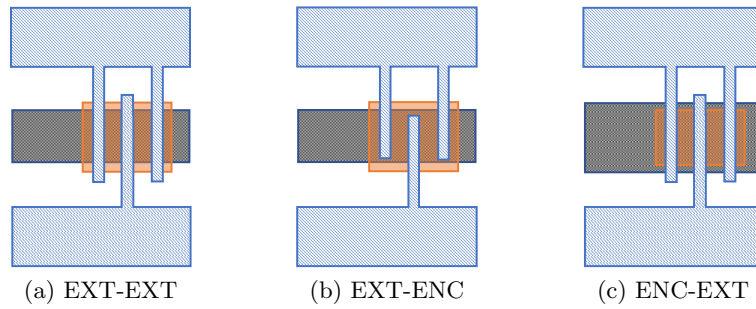


図 2: BGTC OTFT の 3 通りのレイアウト

も体の大きさは異なる。そのため、電極の位置や電極間の距離等が適切でないと、所望の信号が取得できなかつたり、目的外の信号を取得する可能性がある。また、適切な電極の位置を求めて何度も貼り直す衛生面や粘着力低下等の問題が起こる。そこで、本研究では、OTFT が持つ大面積に適するという特性や柔軟性、スイッチとして利用可能等の特性を活用して、大面積に設けた多数の電極を選択し測定を行うスイッチマトリクス方式の測定電極を提案した。提案する多点測定回路を図 3 に示す。

図中に太線で示す信号線が丸で囲われた電極を選択し、測定を行う。基準電極の他に、ゲート及びソースの信号線を各一本ずつ選択することで、様々な方向、距離での測定ができる。これにより、貼り直しを行わなくても測定対象に適する位置の測定が可能となる。さらにこの回路の出力は一つの電極に集約されることから、増幅回路や A/D 変換回路などの回路は一組あれば十分となる。

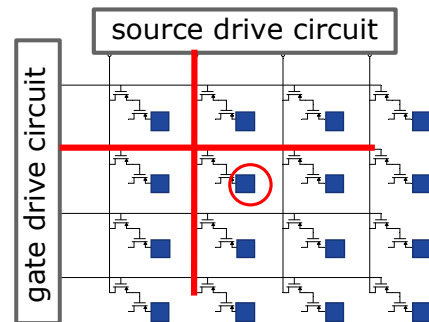


図 3: スイッチマトリクス回路

(2) 特性変動にロバストな OTFT 増幅回路

生体センサなどの微弱な信号を取得するセンサ回路の中で、増幅回路は最も重要な回路の 1 つである。OTFT には、歩留まりが悪い、n 型 OTFT の安定性や性能が p 型 OTFT に対し大きく劣る、ゲートへの DC 電圧印加や自然環境での酸素や水分との反応により劣化し移動度やしきい値電圧等の特性が変動する、等の多くの課題がある。増幅回路は OTFT の劣化による特性変動の影響を特に強く受けるため、本研究では、上記 OTFT の課題を克服できるロバストな増幅回路の設計を行った。

まず、歩留まりを改善するため、できる限り単純で素子数の少ない回路構成で増幅回路を実装することを目指した。そのため、インバータを増幅回路として利用した。インバータの入出力特性と増幅の概念図を図 4(a) に示す。インバータは、論理しきい電圧を境界として出力電圧が急峻に変化する。この電圧をバイアス点とすると、AC 信号が増幅される。インバータ回路には複数の構成方法がある。本研究では、n 型 OTFT は電流駆動力が p 型と比較して著しく小さくまた劣化が早い OTFT の特性を考慮し、p 型 OTFT のみを用いてインバータを構成した。

図 4(a) には、OTFT の劣化が増幅器のゲインに与える影響を概念的に示している。OTFT の劣化は、しきい値電圧の増加や移動度の低下として現れ [6]、増幅可能なバイアス電圧を変化させる。本研究では、特性変動に合わせて自動的にバイアス電圧が調整される増幅回路の構成を提案した。この回路は、バイアス生成段と pseudo-pMOS インバータによる増幅段から構成される。バイアス生成段は、増幅段と同じ回路構成となっている。すなわち、負荷 (R1, R2)、OTFT (M1, M2) のサイズを等しく設計している。OTFT の劣化は主にゲートへのバイアス電圧印加によって進行することが知られているが、この回路では、増幅段とバイアス生成段の OTFT のゲート・ソース間電圧は常に等しいため、2 つの OTFT の特性劣化は概ね等しい。このため、増幅に適するバイアス電圧が常に保たれる。さらに本研究では、有機半導体 DNTT を負荷 (R1, R2) として用いる回路構成を新たに提案した。

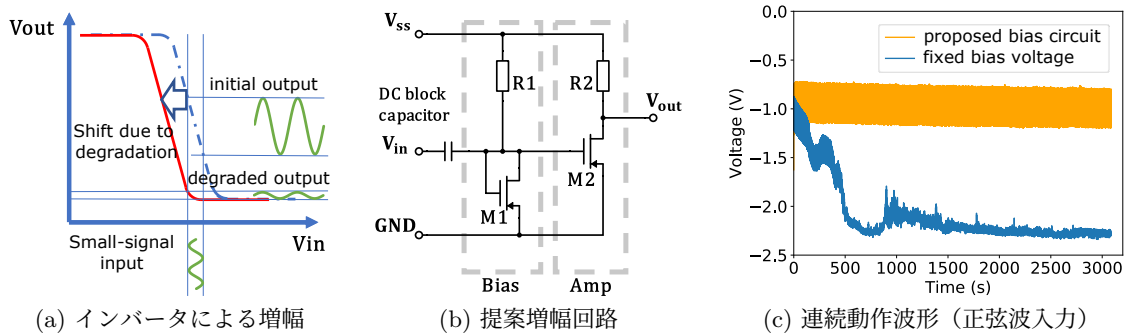


図 4: インバータによる信号増幅とその動作波形

図 4(c) に提案増幅回路の測定結果を示す。提案回路を用いた 50 分間の連続測定の結果と、固定バイアス電圧を直接与えた連続測定の結果を示している。提案した増幅回路では、OTFT の劣化があっても増幅特性の変動を大幅に抑えることが可能である。一方、バイアス電圧の自動調整機能を持たない場合には、OTFT の劣化により短時間で利得が大幅に低下する結果となり、提案増幅回路の有効性が確認できた。

(3) パルス幅変調による A/D 変換回路

さらに、シリコン回路とのインタフェースとなるパルス幅変調 (PWM) 方式によるアナログ/デジタル (A/D) 変換回路を設計した。回路構成を図 5 に示す。この回路は、参照電圧源が不要であり、少ない比較器数で構成できる等、回路が小規模であり OTFT での実装に特に適する。

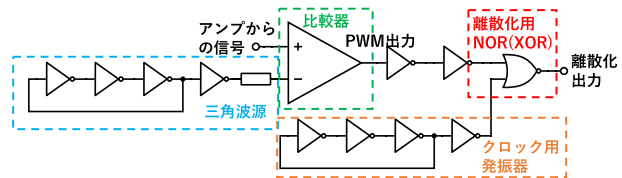


図 5: 提案 A/D 変換回路

提案回路の比較器は、インバータと同様に pseudo-pMOS 構成の差動増幅回路として設計した。比較器に三角波と変調したい信号を入力すると、入力信号の変化に応じて出力のデューティ比が変化し PWM が実現される。本研究では、3 段のリングオシレータの発振信号をローパスフィルタに通すことで三角波を生成した。ローパスフィルタとして抵抗と容量からなる RC 構成を用いた。ただし、容量は次段に接続する比較器のゲート容量で代用し、抵抗として前項で提案した DNNT 負荷を利用している。時間軸方向の離散化は、クロック信号と PWM 出力信号を NOR 回路に入力するクロックゲーティングで実装している。この NOR 回路と比較器の出力の間には、比較器の出力を増幅するために Pseudo-pMOS インバータをバイアス回路なしで挿入している。PWM からの元の信号への復調は、ローパスフィルタで三角波の周波数成分を除くことにより可能である。

以上述べた回路を組み合わせることで、生体センサインタフェース回路を構成できることを、各回路の試作により示した。

参考文献

- [1] K. Myny, et. al., "A thin-film microporcessor with inkjet print-programmable memory," Sci. Rep., 4, 2014. [2] K. Myny, et. al., "Plastic circuits and tags for 13.56 MHz radio-frequency communication," Solid-state Electr., 53(12), 2009. [3] Z. Qin, et. al., "OCM-PUF: An organic current mirror PUF with enhanced resilience to device degradation," IEEE Int. Conf. Flexible and Printable Sensors and Systems, 2019. [4] K. Oshima, et. al., "Layout-dependent vertical and in-plane leakage current reduction of organic thin-film transistors by layer contact restriction," IEEE Int. Conf. Microelectronic Test Structures, pp.1-6, March 2022. [5] T. Yamamoto and K. Takimiya, "Facile synthesis of highly π -extended heteroarenes, dinaphtho [2,3-b: 2',3'-f] chalcogenopheno [3,2-b] chalcogenophenes, and their application to field-effect transistors," J. Am. Chem. Soc. 129, 2224, 2007. [6] E. Cantatore and E. Meijer, "Transistor operation and circuit performance in organic electronics," European Solid-State Circuits Conf., 2003, p. 29.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 2件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Ogasahara Yasuhiro, Kuribara Kazunori, Oshima Kunihiro, Qin Zhaoxing, Sato Takashi | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Yield and leakage current of organic thin-film transistor logic gates toward reliable and low-power operation of large-scale logic circuits for IoT nodes | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SC1044 ~ SC1044 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac44cf | 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 Shintani Michihiro, Ueda Aoi, Sato Takashi | 4. 巻 37 |
| 2. 論文標題 Accelerating Parameter Extraction of Power MOSFET Models Using Automatic Differentiation | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Transactions on Power Electronics | 6. 最初と最後の頁 2970 ~ 2982 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPEL.2021.3118057 | 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 Morita Shumpei, Bian Song, Shintani Michihiro, Sato Takashi | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Efficient Analysis for Mitigation of Workload-dependent Aging Degradation | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems | 6. 最初と最後の頁 1~1 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCAD.2022.3149856 | 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 Qin Zhaoxing, Kuribara Kazunori, Ogasahara Yasuhiro, Sato Takashi | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Hybrid CMOS and pseudo-CMOS Organic Memory for Flexible Sensors | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal | 6. 最初と最後の頁 1~1 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSEN.2022.3153714 | 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 Bian Song, Kundi Dur E. Shahwar, Hirozawa Kazuma, Liu Weiqiang, Sato Takashi | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 APAS: Application-Specific Accelerators for RLWE-Based Homomorphic Linear Transformations | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Transactions on Information Forensics and Security | 6. 最初と最後の頁 4663 ~ 4678 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIFS.2021.3114032 | 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 Shintani Michihiro, Saito Michiaki, Kuribara Kazunori, Ogasahara Yasuhiro, Sato Takashi | 4. 巻 33 |
| 2. 論文標題 Measurement and Modeling of Ambient-Air-Induced Degradation in Organic Thin-Film Transistor | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing | 6. 最初と最後の頁 216 ~ 223 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TSM.2020.2986609 | 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 Qin Zhaoxing, Shintani Michihiro, Kuribara Kazunori, Ogasahara Yasuhiro, Sato Takashi | 4. 巻 20 |
| 2. 論文標題 Organic Current Mirror PUF for Improved Stability Against Device Aging | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal | 6. 最初と最後の頁 7569 ~ 7578 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSEN.2020.2986077 | 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 Qin Zhaoxing, Bian Song, Kuribara Kazunori, Sato Takashi | 4. 巻 60 |
| 2. 論文標題 Stable organic SRAM cell with p-type access transistors | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SBBG04 ~ SBBG04 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abd534 | 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 Oshima Kunihiko, Bian Song, Kuribara Kazunori, Sato Takashi | 4. 巻 60 |
| 2. 論文標題 Separation of bias stress degradation between insulator and semiconductor carrier trapping in organic thin-film transistors | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SBBG06 ~ SBBG06 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abdc2 | 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 Oshima Kunihiko, Kuribara Kazunori, Sato Takashi | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Flex-SNN: Spiking Neural Network on Flexible Substrate | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Sensors Letters | 6. 最初と最後の頁 1 ~ 4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LSENS.2023.3271988 | 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 Kaneiwa Yuto, Kuribara Kazunori, Sato Takashi | 4. 巻 62 |
| 2. 論文標題 Aging-robust amplifier composed of p-type low voltage OTFT and organic semiconductor load | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SC1061 ~ SC1061 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acb2be | 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 Ogasahara Yasuhiro, Kuribara Kazunori, Sato Takashi | 4. 巻 62 |
| 2. 論文標題 Measurement of 64 organic thin-film transistors in an array test structure using a relay-switch board for efficient evaluation of long-term reliability | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 SC1030 ~ SC1030 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acae2d | 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 Ikeda Sosei, Awano Hiromitsu, Sato Takashi | 4. 巻 41 |
| 2. 論文標題 Hardware-Friendly Delayed-Feedback Reservoir for Multivariate Time-Series Classification | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems | 6. 最初と最後の頁 3650 ~ 3660 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCAD.2022.3197488 | 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29件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 17件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takashi Sato, Yuki Tanaka, and Song Bian |
| 2. 発表標題 Clonable PUF: On the design of PUFs that share equivalent responses |
| 3. 学会等名 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Zhaoxing Qin, Kazunori Kuribara, and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 An SRAM-based scratchpad memory for organic IoT sensors |
| 3. 学会等名 IEEE International Conference on Flexible and Printable Sensors and Systems (FLEPS) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 村田 寛也, 久米 祐貴, 辺 松, 粟野 皓光, 佐藤 高史 |
| 2. 発表標題 大規模MOSFETリザーバーの高速シミュレーション |
| 3. 学会等名 DA シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 一柳 優太, 佐藤 高史 |
| 2. 発表標題 複数カメラと粒子フィルタを用いた体動にロバストな心拍推定手法 |
| 3. 学会等名 回路とシステムワークショップ |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 白神 樹, 佐藤 高史 |
| 2. 発表標題 商用Wi-Fiデバイスを使用したピーク位置推定に基づく心拍変動の推定 |
| 3. 学会等名 回路とシステムワークショップ |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 瀬川 七央, 佐藤 高史 |
| 2. 発表標題 量子計算の誤り軽減のための量子ビット初期配置手法 |
| 3. 学会等名 回路とシステムワークショップ |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tatsuki Ono, Song Bian, and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 Automatic parallelism tuning for module learning with errors based post-Quantum key exchanges on GPUs |
| 3. 学会等名 International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Itsuki Shirakami and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 Extraction of heart rate variability using commodity Wi-Fi devices |
| 3. 学会等名 IEEE Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI), (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuhiro Ogasahara, Kazunori Kuribara, Kunihiro Oshima, and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 Rail-to-rail output voltage swing of inverter with organic thin-film transistor at 2.5V Vdd toward reliable operation of low leakage large scale logic circuits |
| 3. 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 神田 高望, 佐藤 高史, 栗野 皓光, 近藤 綜太, 山本高至 |
| 2. 発表標題 WiFiフレームキャプチャに基づく呼吸数推定に関する検討 |
| 3. 学会等名 信学技報 SRW SeMI CNR |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 佐藤 高史, 塚本 裕貴, 辺 松, 新谷道広 |
| 2. 発表標題 統計的回路シミュレーションのための非正規分布モデルパラメータの生成 |
| 3. 学会等名 信学技報 SDM研究会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Suraj Hebber and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 Motion robust remote photoplethysmography via frequency domain motion artifact reduction |
| 3. 学会等名 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BIOCAS) (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takamochi Kanda, Takashi Sato, Hiromitsu Awano, Sota Kondo, and Koji Yamamoto |
| 2. 発表標題 Respiratory rate estimation based on WiFi frame capture |
| 3. 学会等名 IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kunihiro Oshima, Kazunori Kuribara, and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 Investigation of layout-dependent characteristic change for improving performance of organic thin-film transistors |
| 3. 学会等名 IEEE International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS) (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大島 國弘, 栗原 一徳, 辺 松, 佐藤 高史 |
| 2. 発表標題 n型有機薄膜トランジスタにおけるバイアス・ストレス特性変動物理メカニズムの実験的評価 |
| 3. 学会等名 DA シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Qin Zhaoxing, Kazunori Kuribara, Song Bian, and Takashi Sato |
| 2 . 発表標題 Design of an organic SRAM cell with p-type access transistors |
| 3 . 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Kunihiro Oshima, Kazunori Kuribara, Song Bian, and Takashi Sato |
| 2 . 発表標題 Quantification of insulator and semiconductor carrier trapping in organic thin film transistors using DNTT and TU-1 |
| 3 . 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Akira Dan, Riu Shimizu, Takeshi Nishikawa, Song Bian and Takashi Sato |
| 2 . 発表標題 Clustering approach for solving traveling salesman problems via Ising model based solver |
| 3 . 学会等名 ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Kyohei Shimozato, Yohei Nakamura, Song Bian, and Takashi Sato |
| 2 . 発表標題 An electrothermal compact model of SiC MOSFETs for simulating unclamped inductive switching tests |
| 3 . 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Riu Shimizu, Song Bian and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 Hierarchical overlapped clustering for Ising-model based TSP solver |
| 3. 学会等名 Workshop on synthesis and system integration of mixed information technologies (SASIMI) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Qin. Zhaoxing, Kunihiro Oshima, Kazunori Kuribara, and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 OPTL: Robust and area-efficient pass gate logic for organic transistors |
| 3. 学会等名 IEEE International Conference on Flexible and Printable Sensors and Systems (FLEPS) (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 神田 高望, 近藤綜太, 下村大貴, 佐藤 高史, 粟野 皓光, 近藤 綜太, 山本高至 |
| 2. 発表標題 WiFiビームフォーミングフィードバックに基づく呼吸数及び心拍数推定に関する検討 |
| 3. 学会等名 信学技報 SRW SeMI CNR |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 平井 貴之, 粟野 皓光, 佐藤 高史 |
| 2. 発表標題 Wi-Fiバケットキャプチャを用いた睡眠時の姿勢推定 |
| 3. 学会等名 信学技報 MICT研究会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuta Hitotsuyanagi and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 SNRoverSDNN: A Metric for robust CNN-based ROI selection in remote heart rate extraction |
| 3. 学会等名 Workshop on synthesis and system integration of mixed information technologies (SASIMI) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Nanao Segawa and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 Evaluating accuracy of quantum circuit learning via quantum circuit mapping |
| 3. 学会等名 Workshop on synthesis and system integration of mixed information technologies (SASIMI) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuhiro Ogasahara, Kazunori Kuribara, and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 Feasibility of the efficient OTFT array measurement for the long-term reliability evaluation using external measurement board |
| 3. 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuto Kaneiwa, Kazunori Kuribara, and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 Aging-robust amplifier design using low voltage organic semiconductor loads |
| 3. 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kyohei Shimozato and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 dGPLVM: A nonparametric device model for statistical circuit simulation |
| 3. 学会等名 IEEE International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kunihiro Oshima, Kazunori Kuribara, and Takashi Sato |
| 2. 発表標題 Layout-dependent vertical and in-plane leakage current reduction of organic thin-film transistors by layer contact restriction |
| 3. 学会等名 IEEE International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022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 | 小笠原 泰弘 (Yasuhiro Ogasahara) (30635298) | 国立研究開発法人産業技術総合研究所・エレクトロニクス・製造領域・主任研究員 (82626) | |
| 研究分担者 | 栗原 一徳 (Kazunoro Kuribara) (30757414) | 国立研究開発法人産業技術総合研究所・エレクトロニクス・製造領域・研究員 (82626) | |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|