

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 21 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18721

研究課題名（和文）ナノネットワーク構造設計による伸縮透明配線の高性能化とデバイス応用

研究課題名（英文）High performance of stretchable and transparent conductors by designing nano-network structure and its device application

研究代表者

荒木 徹平（Araki, Teppei）

大阪大学・産業科学研究所・准教授

研究者番号：10749518

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、金属ナノワイヤを用いた伸縮透明配線において、マイクロとマクロな視点の両方からナノネットワークの構造設計を行い、配線物性を最大限に向上した。さらに、トランジスタや回路などへの応用を行って、デバイス特性を改善するための機序解明や技術構築を行った。構築したデバイスは、生体電気信号（脳波、心電、筋電など）や生体代謝物に関連するイオンなどを生体安全かつ低ノイズに計測できた。さらに、透明であるため光学手法（光電脈波法、レーザードップラー法など）による脈波、血流、血中酸素飽和濃度などの計測が妨げられない。将来、疾患やストレス検知するため、マルチモーダルな生体信号計測器としての応用が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

過去に、金属ナノワイヤ等を用いて伸縮透明配線や伸縮透明トランジスタを形成する報告例があった。しかし、伸長時でも特性が変わらない高性能な素子・回路を実現した例は稀であった。本研究を遂行したことにより、次の3点に関する新規知見を得た。（1）電気特性と光透明性をマイクロに高めるナノネットワーク。（2）伸長下におけるマクロな破壊挙動と安定性化手法。（3）微細な伸縮透明配線および伸縮透明回路の実現手法。さらに、伸縮性・導電性・透明性等に優れる素子・回路を用いた生体センシング等を実施した。対象を傷つけず且つ対象物に溶け込むセンサにより、さりげなく健康・異常を検出するセンサ社会の実現に近づいた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we designed the nano-network structure from both micro and macro perspectives to maximize the wiring properties in stretchable transparent wiring using metallic nanowires. In addition, we applied the technology to transistors and circuits to elucidate the mechanism and establish the technology to improve the device properties. The constructed device was able to measure bioelectrical signals (EEG, cardiac, myoelectric, etc.) and ions related to bio-metabolites in a bio-safe and low-noise condition. Furthermore, the transparency of the device does not interfere with the measurement of pulse wave, blood flow, and blood oxygen saturation concentration using optical methods (photoplethysmography, Laser Doppler method, etc.). In the future, this device is expected to be applied as a multimodal biological signal measuring instrument for detecting diseases and stress.

研究分野：電気電子工学

キーワード：フレキシブルエレクトロニクス 透明電極 金属ナノワイヤ 有機デバイス

### 1. 研究開始当初の背景

透明導電膜は、透明性と導電性を有する部材としてディスプレイや太陽電池、タッチパネル、照明などの配線や電極として不可欠な材料であり、ITO（酸化インジウムスズ）に代表される金属酸化物が従来から使用されていた。近年のフレキシブル電子デバイスの開発の盛り上がりにつれて、透明導電膜までに可撓性が期待されるようになった。なかでも、伸縮性と透明性を有する導電性材料は、計測プローブの存在感を消し去って、ストレスフリーな生体信号計測を実現可能にする。

カーボンナノチューブ、グラフェン、導電性ポリマー、金属グリッド、金属ナノワイヤなどの導電性材料に注目が集まっている。いずれの材料も、印刷などの湿式プロセスを利用できるため高コスト効率な製造プロセスが実現できる。なかでも、銀ナノワイヤ (AgNW) 透明導電膜は、従来の ITO 透明導電膜に勝る導電性、透明性および柔軟性を有しており、フレキシブル透明導電膜の最有力候補である。しかし、大きな歪を伴う伸長時において、ネットワーク破壊、光透過率の低下、インピーダンス増加などが課題となっていた。

### 2. 研究の目的

本研究では、AgNW を用いた伸縮透明配線において、マイクロとマクロな視点の両方からネットワークの構造設計を行い、配線物性（機械・電気・光学）を最大限向上する。さらに、デバイス応用を行って、デバイス特性を改善するための機序解明や技術構築などを行う。また、構築した伸縮透明な素子・回路を用いて生体信号計測するための知見習得や技術構築を行う。具体的には、次の3つの達成を目指す。

- 1 つ目：エラストマー基材上で微細透明配線の形成、および伸縮透明回路の実現
- 2 つ目：ナノワイヤネットワーク制御と配線伸長時の破壊挙動把握
- 3 つ目：生体信号計測を行うアナログフロントエンドの実現

### 3. 研究の方法

#### 3. 1 AgNW 透明導電膜の形成および評価

AgNW 透明導電膜は、アルコール溶剤リッチの AgNW 分散液を透明基板へスプレー塗布または印刷し、風乾により作製した (図1)。透明基材は、ポリパラキシリレン (パリレン)、ポリエチレンテレフタレート、ポリウレタンゴム、シリコンゴム等である。各基板の表面は、AgNW 分散液の塗布前に、オゾンプラズマや真空紫外光照射等により予め親液化処理を施している。最後に、AgNW 透明導電膜の導電性や密着性を高めるため、キセノンランプを用いた高強度パルス光照射を施した。

AgNW から成る微細配線 (20–200  $\mu\text{m}$  幅程度) は、基材上の親液パターン上へ AgNW 分散液をコーティングすることにより印刷形成された。そこで利用した親液パターンは、撥液処理を全面施した基材へフォトマスクを介して真空紫外光を照射中することで、部分的な表面改質手法により形成した。分散液の塗布方法は、ガラス棒を用いたロッドコーティング (掃引速度 0.4–4 mm/s 程度) である。配線方向と同じ掃引方向でパターンニングした 1 軸配向と、それに加えて配線幅方向にも掃引した 2 軸 (十字) 配向の少なくとも 2 種類の AgNW 配線を作製して、特性評価した。

AgNW のマイグレーションを抑制するため、AgNW 透明導電膜へ Au ナノめっきを行う AgNW/Au 構造を構築した。AgNW 透明導電膜への Au ナノめっき処理では、酸洗浄、パラジウム触媒による前処理、シアンフリーの無電解金めっき浴への浸漬、水洗浄を順に行った。めっき浴中での AgNW の剥離を防止するため、AgNW の一部を基板へ埋め込んでいる。

透明導電膜の評価では、電子顕微鏡観察、通電加速試験、光透過率測定、シート抵抗測定、基板との密着性評価 (テープ試験)、伸長・伸縮時の抵抗値の計測を行った。

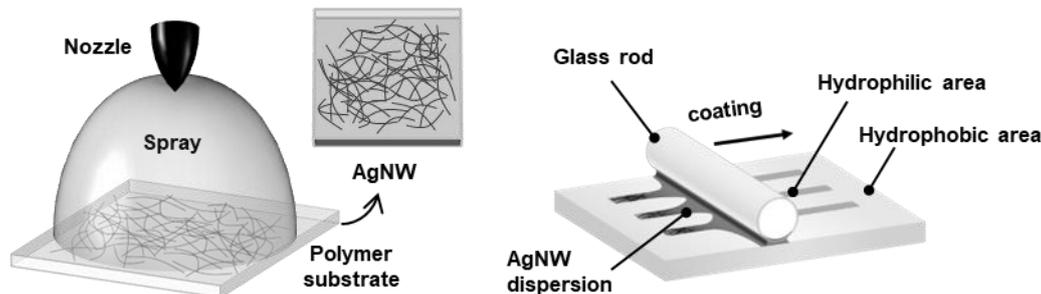


図1 スプレーコート (左) と親液撥液パターンニング (右) による AgNW 透明導電膜の作製

### 3. 2 AgNW 透明導電膜を用いたトランジスタ形成と評価

AgNW 透明導電膜をソース・ドレイン電極とし、総厚 2–100  $\mu\text{m}$  程度の有機電気化学トランジスタ (OECT) を作製した (図 2)。まず、透明基板上へ上述した親液撥液パターンニングにより、AgNW 透明導電膜からなるソース・ドレイン電極および PEDOT:PSS からなるチャンネル領域を印刷形成した。その後、透明な封止膜を熱圧着により積層した。封止膜には、チャンネルが電解質に接するように窓がレーザーやドライエッチングなどにより予め加工されている。

作製した OECT の評価では、顕微分光光度計を用いた光透過率測定、卓上引張試験機を用いた封止膜/基材の接着力測定や伸縮負荷などを行っている。OECT 特性評価においては、ゲート電解質に生理食塩水と Ag/AgCl 電極を用いた。生理食塩水に浸す電極の面積は電解質窓に対して十分大きく、チャンネルへは均一に電界がかけられている。静特性評価に関しては、半導体パラメータアナライザを用いた。周波数特性評価に関しては、カレントプローブ、FFT アナライザ、ソース・メジャー・ユニットを用いて計測を行った。インピーダンス測定においては、ソース・ドレイン電極を短絡し、LCR メータでゲート・ソース間のインピーダンスを測定した。

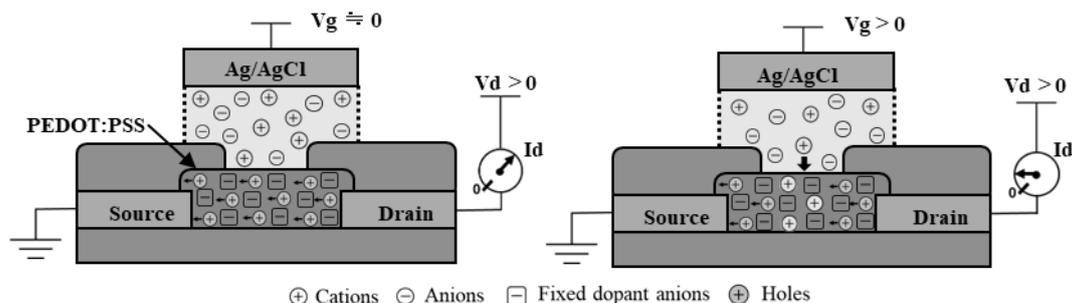


図 2 有機電気化学トランジスタ (OECT) の構造とその ON 動作(左)および OFF 動作(右)

## 4. 研究成果

次の 3 ステップで研究遂行したので、順を追って報告する。

4. 1 配線の導電性と透明性をマイクロに高めるナノネットワークの探索
4. 2 配線の表面安定性をマクロに理解
4. 3 AgNW 透明導電膜を用いたセンサや OECT・回路への応用

### 4. 1 配線の導電性と透明性をマイクロに高めるナノネットワークの探索

ポリウレタンやシリコンなどのエラストマー基板上へ形成した親液面 (表面エネルギーを部分的に大きくしている面) へ、ロッドコーティングによりナノワイヤの一軸配向を試みた。塗工速度・方向に加えて、ナノネットワークを強靱にさせる焼成条件やめっき条件を検討した。結果的に、50  $\text{ohm/sq}$  以下の低シート抵抗、曲げ・伸縮耐久性 (2 倍伸長程度)、90% 以上の光透過性を示し、これまでの特性を上回る伸縮透明配線の形成手法確立に至った。

さらなる性能向上のため、エラストマー基板上へ一軸配向だけでなく十字配向 (格子状) などのパターンニングを行った透明配線を作製した。十字配向時においてシート抵抗は 30  $\text{ohm/sq}$  以下で 90% 程度の光透過率を示した。一軸配向時に比べて十字配向時の場合、透過性を維持しながら 1 桁から 3 桁低いシート抵抗を有する伸縮透明配線が得られた。

AgNW の十字配向は、親液撥液パターンニングを用いた AgNW 微細配線においても特性向上に有効であることを確認した。パリレン基板上に形成した際、20  $\mu\text{m}$  幅程度の微細性、25  $\text{ohm/sq}$  のシート抵抗、96% の光透過率と、高特性な透明導電膜により構築できた (図 3)。

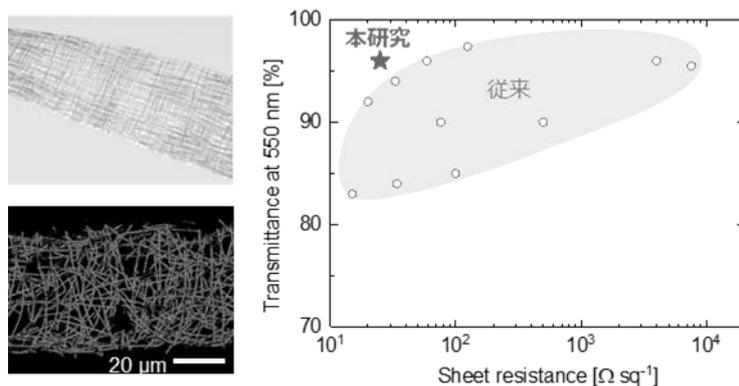


図 3 AgNW の十字配向による配線イメージ (左上)、暗視野の光顕像 (左下)、配線特性 (右)

#### 4. 2 配線の表面安定性をマクロに理解

メッシュ構造を有する AgNW のネットワークは伸長中に一部破壊して抵抗値が上昇する。そこで、Au ナノめっきや高強度パルス照射の焼結によりナノワイヤ間に強固な金属結合をもつメッシュ構造を構築する安定化プロセスにより、ネットワークの亀裂進展抑制の効果が高まり、光透過率を維持しながら伸縮中の抵抗上昇を抑制できた (図 4)。その詳細を述べる。

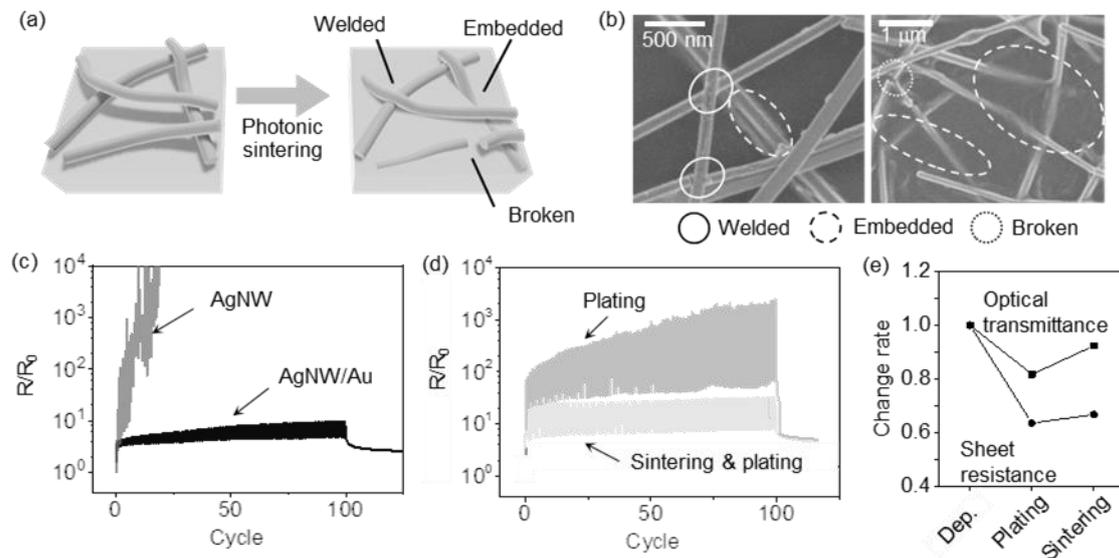


図 4 AgNW 配線の表面挙動と特性。AgNW/Au への高強度パルス照射した際の (a) イメージ図と (b) 電子顕微鏡図。 (c) Au めっき前後の配線へ 0–20% 歪の繰り返し伸縮した際の抵抗値変化。 (d) 高強度パルス照射前後の配線へ 0–60% 歪の繰り返し伸縮した際の抵抗値変化。 (e) Au めっき及び高強度パルス照射による透過率およびシート抵抗の変化。

Ag 系材料は短期使用において電気的劣化が起きやすいことが課題である。例えば、大気中暴露による硫化・酸化による腐食や、原子移動を伴うマイグレーションなどによる電気的劣化が発生し、水・湿気が存在する際にはさらに加速する。そこで、電気伝導を妨げないバリア層として、AgNW 上に無電解 Au ナノめっきを導入した (AgNW/Au)。AgNW/Au では、AgNW 表面に数ナノメートル厚さの均一な Au 層と、ワイヤ接合部に局在する Au の析出が確認された。AgNW/Au 配線は、大気保管において 1 年以上も安定していることや、水滴のある状態における通電加速試験においても AgNW 単体に比べて 20 倍高い腐食耐性を示すなどから、高い化学的安定性をもつ。

可視光透過率 85% の AgNW/Au 透明配線において、平均シート抵抗は、めっき前の  $17 \Omega/\text{sq}$  からめっき後には  $3 \Omega/\text{sq}$  に減少した。また、Au ナノボンディングは、未処理の AgNW 透明配線に比べて、ナノワイヤ間の結合力が高められていると推測され、それが繰り返し伸縮時の電気的安定性にも表れている。20% 歪や 60% 歪の繰り返し伸縮時において、低い抵抗値を維持可能な透明配線が構築できた (図 4 c,d)。

さらに、この透明配線へ高強度パルス照射を行う事により、ナノワイヤのメッシュ構造が一部基板へ埋め込まれるなどして強固になり、抵抗値変動を大きく抑えることが可能となった。AgNW は波長 390 nm 付近で表面プラズモン共鳴を有しており UV 光を吸収しやすい。UV 光を含むキセノンランプ光の下では、ナノワイヤは光吸収時に数百度以上の発熱を伴い、ワイヤ同士強固な接合を得ると同時に、 $100^\circ\text{C}$  以下の軟化点を有するポリウレタン基板表面に AgNW/Au が一部埋め込まれる (図 4 a,b)。基材とナノワイヤの密着性向上やナノワイヤ間の金属結合などにより、金属ナノワイヤ配線の伸縮性向上が可能であることも確かめた (図 4 d)。この技術を活用することで、熱硬化性ポリマーとなるシリコンゴムなどを用いても高い密着性を得ることが可能である。

これまでの AgNW 透明配線は、ナノワイヤが基板へ低い密着性を示すことから、オーバーコートや長時間の加熱処理などのプロセスを必要としていた。我々は、AgNW 液を直接塗布したのち、100 マイクロ秒以内の光照射を行うことにより、AgNW/Au と基材の密着性を向上させた。高強度パルス照射および AgNW 配線への Au ナノめっきは、透明性を損ねることなく (図 4 e)、電気的・力学的・化学的な安定性を同時にもち、AgNW 伸縮透明配線の性能向上を実現した。

#### 4. 3 AgNW 透明導電膜を用いたセンサや OECT・回路への応用

本研究で開発した AgNW 透明導電膜を用いて、配線や電極のパターニングを施すなどして伸縮透明プローブを実現した。この伸縮透明プローブは、脳波、筋電、心電などのマイクロボルト程度の生体電位計測を低ノイズに信号伝送可能であった。

次に、十字配向技術を用いて、100 マイクロメートル幅程度の配線を作製し、透明な OECT を

作製した。この OECT は、90%の光透過性、不透明導電膜使用時と同等の電気特性（約 0.6 V の駆動電圧で相互コンダクタンス約 1 mS）、1000 回程度の曲げ耐久性を示した。さらに、構築した増幅回路は、生体電位計測に優れた周波数特性を示した。さらに、曲げ・伸長下における配線・デバイスのインピーダンスを低減する手法を見だし、動作時のノイズや周波数を改善可能なセンサシステムが実現した。

また、OECT の積層構造内に生じる異種材料の物性差は、表面/界面挙動（シワや破壊等）をもたらす。OECT の封止膜層と基材層の剛性バランスをとることで、封止膜層と基材層の剥離が生じず OECT の伸長特性が数倍向上し、50–100%歪（1.5–2 倍）の伸長が可能となった。この効果を有限要素法によるシミュレーションと実際の実験結果と比較考察することで、伸長下における配線・デバイスの表面/界面を安定化させるマクロな視点の理解を深めた。

構築した AgNW 透明導電膜およびその知見・技術を活かしたプローブだけでなく OECT や OECT 増幅回路等は、電気生理学（脳波、心電、筋電など）計測や、生体代謝物に関連するイオン計測などにおいて低ノイズな信号品質を示した。また、透明であるため、光電脈波法やレーザードップラー法による脈波、血流、血中酸素飽和濃度などの計測を妨げない事も確認された。これら素子・回路は、マルチモーダルに生体計測可能なアナログフロントエンド技術となる。

## 5. まとめ

柔軟性と透明性の両方を兼ね備える透明導電膜が実現すれば、生体センサの装着感・ストレスの低減や、デザイン性、ユーザビリティなどの向上が見込まれる。それだけに留まらず、信号計測と同時に、光学的観察・刺激が同時利用できるため、多角的なアプローチ可能なシステムが構築できる。本研究では、金属ナノワイヤを用いた伸縮透明配線において、ミクロとマクロな視点の両方からナノネットワークの構造設計を行い、配線物性を最大限に向上した。同時に、電気・力学・化学的に高性能化した伸縮透明配線を構築した。伸縮透明配線およびその知見・技術を活用した素子・回路は、電気・イオン・光に関するマルチモーダルなバイタルデータ取得を実現し、医療・ヘルスケアにおいて疾患やストレスの検知を行える可能性を高めた。医療・ヘルスケアのみならず、インフラ維持管理、人工皮膚・ロボティクス、農業・食品などの多くの分野において、伸縮透明素子・回路が対象を傷つけず且つ対象物に溶け込むセンシング手段として、さりげなくヘルスケアを行う未来社会を引き寄せた。

### 【参考となる主な業績】

1. **荒木徹平**, 関谷毅, “光や電気の微小信号取得のための遠隔シート型センサシステムの構築,” *応用物理学学会 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会 未来技術研究会 会誌*, 35, 1, pp.13-18, 2024.
2. **荒木徹平**, 植村隆文, 関谷毅, “柔軟・透明な導電性材料の開発と生体信号計測センサシートへの応用,” *機能材料*, シーエムシー出版, 44 (2), pp.30-38, 2024.
3. **荒木徹平**, 植村隆文, 関谷毅, “フレキシブルエレクトロニクスを開拓するシート型センサ,” *設計工学*, 日本設計工学会, 58 (3), pp.88-93, 2023.
4. **荒木徹平**, 菅沼克昭, 関谷毅, “柔軟なウェアラブルデバイスに向けた銀ナノワイヤ配線の開発,” *IoT を指向するバイオセンシング・デバイス技術 (普及版)*, CMC 出版, pp.136-144, 2023.
5. 阿部岳晃, **荒木徹平**\*, 松田尚也, 栗平直子, 秋山実邦子, 植村隆文, 関谷毅, “マルチモーダル生体信号計測へむけた透明・ストレッチャブル有機電気化学トランジスタの開発,” *第 84 回応用物理学会秋季学術講演会*, 2023.
6. Ashuya Takemoto, **Teppe Araki**\*, Kazuya Nishimura, Mihoko Akiyama, Takafumi Uemura, Kazuki Kiriya, Johan M. Koot, Yuko Kasai, Naoko Kurihira, Shuto Osaki, Shin-ichi Wakida, Jaap M.J. den Toonder, Tsuyoshi Sekitani\*, “Fully Transparent, Ultrathin Flexible Organic Electrochemical Transistors with Additive Integration for Bioelectronic Applications,” *Advanced Science*, 10 (2), 2204746 (11 pages), 2022.
7. **Teppe Araki**\*, Shusuke Yoshimoto, Takafumi Uemura, Aiko Miyazaki, Naoko Kurihira, Yuko Kasai, Yoshiko Harada, Toshikazu Nezu, Hirokazu Iida, Junko Sandbrook, Shintaro Izumi, Tsuyoshi Sekitani\*, “Skin-like Transparent Sensor Sheet for Remote Healthcare using Electroencephalography and Photoplethysmography,” *Advanced Materials Technologies*, 7(11), 2200362 (10 pages), 2022.
8. **荒木徹平**\*, 植村隆文, 関谷毅, “ストレッチャブル透明配線基板のウェットプロセス開発と生体電位計測応用,” *スマートプロセス学会・溶接学会共催 第 28 回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム*, pp.291-297, 2022. (優秀論文賞)
9. Kazuya Nishimura, **Teppe Araki**\*, Ashuya Takemoto, Mihoko Akiyama, Kazuki Kiriya, Yuko Kasai, Naoko Kurihira, Takafumi Uemura, Tsuyoshi Sekitani, “Frequency Characteristics of Ultrathin and Transparent Organic Electrochemical Transistors with 1- $\mu$ m-Thick Parylene Lamination,” *2021 International Conference on Electronics Packaging*, pp.145-146, 2021. (IEEE EPS Japan Chapter Young Award) 等

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Araki Teppei, Li Kou, Suzuki Daichi, Abe Takaaki, Kawabata Rei, Uemura Takafumi, Izumi Shintaro, Tsuruta Shuichi, Terasaki Nao, Kawano Yukio, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 Early View
2. 論文標題 Broadband Photodetectors and Imagers in Stretchable Electronics Packaging	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 2304048
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/adma.202304048	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 Kawabata Rei, Li Kou, Araki Teppei, Akiyama Mihoko, Sugimachi Kaho, Matsuoka Nozomi, Takahashi Norika, Sakai Daiki, Matsuzaki Yuto, Koshimizu Ryo, Yamamoto Minami, Takai Leo, Odawara Ryoga, Abe Takaaki, Izumi Shintaro, Kurihira Naoko, Uemura Takafumi, Kawano Yukio, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 36
2. 論文標題 Ultraflexible Wireless Imager Integrated with Organic Circuits for Broadband Infrared Thermal Analysis	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 2304048
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/adma.202309864	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 荒木徹平, 植村隆文, 関谷毅	4. 巻 44
2. 論文標題 柔軟・透明な導電性材料の開発と生体信号計測センサシートへの応用	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 機能材料, CMC出版	6. 最初と最後の頁 39 ~ 38
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 -
1. 著者名 Kawabata Rei, Araki Teppei, Akiyama Mihoko, Uemura Takafumi, Wu Tianxu, Koga Hirotaka, Okabe Yusuke, Noda Yuki, Tsuruta Shuichi, Izumi Shintaro, Nogi Masaya, Suganuma Katsuaki, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 7
2. 論文標題 Stretchable printed circuit board integrated with Ag-nanowire-based electrodes and organic transistors toward imperceptible electrophysiological sensing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Flexible and Printed Electronics	6. 最初と最後の頁 044002 ~ 044002
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/2058-8585/ac968c	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 Takemoto Ashuya, Araki Teppei, Nishimura Kazuya, Akiyama Mihoko, Uemura Takafumi, Kiriya Kazuki, Koot Johan M., Kasai Yuko, Kurihira Naoko, Osaki Shuto, Wakida Shin ichi, den Toonder Jaap M.J., Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Fully Transparent, Ultrathin Flexible Organic Electrochemical Transistors with Additive Integration for Bioelectronic Applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Science	6. 最初と最後の頁 2204746 ~ 2204746
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/advs.202204746	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 該当する

1. 著者名 Araki Teppei, Yoshimoto Shusuke, Uemura Takafumi, Miyazaki Aiko, Kurihira Naoko, Kasai Yuko, Harada Yoshiko, Nezu Toshikazu, Iida Hirokazu, Sandbrook Junko, Izumi Shintaro, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 7
2. 論文標題 Skin Like Transparent Sensor Sheet for Remote Healthcare Using Electroencephalography and Photoplethysmography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Materials Technologies	6. 最初と最後の頁 2200362 ~ 2200362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/admt.202200362	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 荒木徹平, 植村隆文, 関谷毅	4. 巻 53
2. 論文標題 フレキシブルエレクトロニクスを開拓するシート型センサ	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 設計工学, 日本設計工学会	6. 最初と最後の頁 88 ~ 93
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 -

1. 著者名 Nishimura Kazuya, Araki Teppei, Takemoto Ashuya, Akiyama Mihoko, Kiriya Kazuki, Kasai Yuko, Kurihira Naoko, Uemura Takafumi, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Frequency Characteristics of Ultrathin and Transparent Organic Electrochemical Transistors with 1- $\mu$ m-Thick Parylene Lamination	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 International Conference on Electronics Packaging	6. 最初と最後の頁 145-146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/ICEP51988.2021.9451962	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 Araki Teppei, Okabe Yusuke, Kurihira Naoko, Kasai Yuko, Noda Yuki, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Low-Temperature printable and stretchable circuit board and its application to flexible hybrid electronics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 International Conference on Electronics Packaging	6. 最初と最後の頁 61-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/ICEP51988.2021.9451994	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25件 (うち招待講演 13件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 荒木徹平
2. 発表標題 人や構造物のヘルスケアにむけたシート型センサシステムの研究開発
3. 学会等名 第24回 インフラ先端技術コンソーシアム トンネル分科会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荒木徹平
2. 発表標題 シート型非破壊検査技術の開発とインフラヘルスケアへの応用
3. 学会等名 プリントド・エレクトロニクス (PE) 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 荒木徹平, 関谷毅
2. 発表標題 光や電気の微小信号取得のための遠隔シート型センサシステムの構築
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 未来技術研究会2024 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 荒木徹平, 阿部 岳晃, 植村 隆文, 関谷 毅
2. 発表標題 ナノ材料設計に基づく生体適合型エレクトロニクスの創出
3. 学会等名 応用物理学会2024年第71回春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Takaaki Abe, Teppei Araki*, Shoya Matsuda, Naoko Kurihira, Mihoko Akiyama, Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Nanomaterials and Additive Processes for Transparent and Stretchable Organic Electrochemical Transistor
3. 学会等名 2023 MRS Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部岳晃, 荒木徹平, 松田尚也, 栗平直子, 秋山実邦子, 植村隆文, 関谷毅
2. 発表標題 マルチモーダル生体信号計測へむけた透明・ストレッチャブル有機電気化学トランジスタの開発
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松岡望, 荒木徹平, 阿部岳晃, 川端玲, 植村隆文, 関谷毅
2. 発表標題 光センサとストレッチャブルエレクトロニクスの融合による超柔軟シート型センサの創出
3. 学会等名 2023年大阪大学JSAP学生チャプター講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荒木徹平, 和泉慎太郎, 村瀬翔, 関谷毅
2. 発表標題 体表面電位用シート型伸縮電極アレイと多チャンネル小型無線計測システムの開発
3. 学会等名 第53回日本臨床神経生理学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松田尚也, 荒木徹平, 桐山一輝, 秋山実邦子, 植村隆文, 栗平直子, 廣瀬 由美, 関谷毅
2. 発表標題 湿式作製法による有機電気化学トランジスタおよびメモリの研究
3. 学会等名 第21回 産総研・産技連LS-BT合同研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松田尚也, 荒木徹平, 阿部岳晃, 桐山一輝, 秋山実邦子, 栗平直子, 廣瀬 由美, 笠井夕子, 植村隆文, 関谷毅
2. 発表標題 電解質ゲルを用いたフレキシブル有機電気化学デバイスの開発
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Teppe Araki
2. 発表標題 Material Development of Flexible Electronics for Environmentally Friendly and Its Sensor
3. 学会等名 The 26th SANKEN International Symposium (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Teppei Araki, Kou Li, Naoko Kurihira, Yuko Kasai, Daichi Suzuki, Satsuki Yasui, Yukio Kawano, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Stretchable Printed Circuit Board for Wireless Light-Sensing System
3. 学会等名 International Conference on Electronics Packaging (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Teppei Araki, Shusuke Yoshimoto, Takafumi Uemura, Naoko Kurihira, Yuko Kasai, Toshikazu Nezu, Hirokazu Iida, Junko Sandbrook, Shintaro Izumi, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ultra-Stretchable and Transparent Biocompatible Electrodes Toward Remote Acquisition of Multimodal Physiological Signals
3. 学会等名 2022 Materials Research Society (MRS) spring meeting & exhibit (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒木徹平
2. 発表標題 フレキシブル・ハイブリッド・エレクトロニクスを活用するシート型センサの開発と次世代ヘルスケア応用
3. 学会等名 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会 IIP2023 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荒木徹平
2. 発表標題 先進材料実装による印刷デバイスの開発と人/農業/インフラ分野への応用
3. 学会等名 プリンテッド・エレクトロニクス 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荒木徹平
2. 発表標題 伸縮シート型エレクトロニクス ~印刷配線板の開発とその耐久性向上へ
3. 学会等名 WBG公開シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒木徹平
2. 発表標題 ストレッチャブル印刷配線板の開発と生体デバイス実装への応用
3. 学会等名 エレクトロニクス実装学会・プリンタブルデバイス実装研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒木徹平，植村隆文，関谷毅
2. 発表標題 ストレッチャブル配線基板の開発と生体計測用シート型センサの創出
3. 学会等名 第137回マイクロ接合研究委員会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 住野稔太，植村隆文，荒木徹平，関谷毅
2. 発表標題 フレキシブルエレクトロニクスによる微小信号計測IoTプラットフォームの構築
3. 学会等名 令和4年度ライフォミクス融合研究推進 Grant 報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 坂東勇希, 植村隆文, 難波直子, 井上由美, 荒木徹平, 関谷毅
2. 発表標題 ウェアラブル生体信号計測に向けた伸縮配線・回路の開発と評価
3. 学会等名 第20回 産総研・産技連LS-BT合同研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 植村隆文, 荒木徹平, 関谷毅, 岩瀬雅之
2. 発表標題 シート型生体センサシステムの研究開発と社会実装
3. 学会等名 第10回大阪大学COIシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒木徹平, 植村隆文, 関谷毅
2. 発表標題 ストレッチャブル透明配線基板のウェットプロセス開発と生体電位計測応用
3. 学会等名 第28回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒木徹平, 関谷毅
2. 発表標題 金属ナノワイヤを用いた透明電極シートの開発と生体計測応用
3. 学会等名 第11回有機無機接合研究会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒木徹平
2. 発表標題 生体電位計測の基礎知識とフレキシブルセンサ応用
3. 学会等名 Flexible and stretchable electronics (FSE) 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒木徹平
2. 発表標題 シート型エレクトロニクスシステムの研究開発
3. 学会等名 プリンタブル・ウェアラブルデバイスの基盤技術と応用に関する研究分科会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 荒木徹平, 菅沼克昭, 関谷毅	4. 発行年 2023年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 9
3. 書名 柔軟なウェアラブルデバイスに向けた銀ナノワイヤ配線の開発	

1. 著者名 植村 隆文、Andreas Petritz、Esther Karner-Petritz、Philipp Schaffner、荒木 徹平、Barbara Stadlober、関谷 毅	4. 発行年 2023年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 8
3. 書名 スマートヘルスケア「生体情報計測向け自己発電・蓄電機能付きシート型センサの開発」	

1. 著者名 荒木 徹平、植村 隆文、関谷 毅	4. 発行年 2022年
2. 出版社 CMC出版	5. 総ページ数 9
3. 書名 高性能透明ポリマーの開発と応用「柔軟・透明な導電性材料の開発と生体信号計測センサシートへの応用」	

1. 著者名 荒木徹平、関谷毅	4. 発行年 2021年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 7
3. 書名 導電性材料の設計，導電性制御および最新応用展開（分担執筆部分：伸縮性や透明性を有する導体材料とその応用）	

1. 著者名 荒木徹平、関谷毅	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 11
3. 書名 AI・ナノ・量子による超高感度・迅速バイオセンシング（分担執筆部分：低侵襲なウェアラブル・インプラントブル脳波計）	

〔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
研究協力者	関谷 毅  (Sekitani Tsuyoshi)		
研究協力者	植村 隆文  (Uemura Takafumi)		

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
研究協力者	阿部 岳晃  (Abe Takaaki)		
研究協力者	竹本 明寿也  (Takemoto Ashuya)		
研究協力者	西村 和也  (Nishimura Kazuya)		
研究協力者	秋山 実邦子  (Akiyama Mihoko)		
研究協力者	菊池 裕美  (Kikuchi Yumi)		
研究協力者	サンドブルック 純子  (Sandbrook Junko)		

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