

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K19920

研究課題名(和文) ストレッチャブルエレクトロニクスを用いた体内模擬環境アクティブシャーレの研究開発

研究課題名(英文) Body Environment-simulated Active-dish using Stretchable Electronics

研究代表者

関谷 毅 (Sekitani, Tsuyoshi)

大阪大学・産業科学研究所・教授

研究者番号：80372407

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、関谷らが世界に先駆けて開発に成功した伸縮性エレクトロニクス技術およびフレキシブル生体信号増幅回路を用いて、動きのある生体内環境(動的応力、柔軟性、体温、体圧など)を「試験皿(シャーレ)」内に精細に作り出す取り組みであり、このシステム構築に成功した。実際に作製したデバイスをシャーレ内に実装し、生体細胞の活動電位を計測するとともに、電気的および光刺激を与えることができるLED光源を搭載させて、システムの性能を検証することに成功した。本成果の一部は、エレクトロニクスとして世界最高峰の欧文学術論文誌であるNature Electronics誌に掲載された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国における要介護者は800万人に達する。この主要因の約50%は、脳血管疾患であり、血管内における各種血栓の形成過程やその挙動を明らかにすることが極めて重要である。このような背景から、本研究開発では、体内環境に限りなく近い状況で血管培養を行いながら、細胞組織の電気的活動を計測したり、電気的もしくは光刺激を加えた時の成長過程や応答を見ることが出来るアクティブシャーレの研究開発に取り組んだ。本研究の成果は、我が国が抱える大きな課題である「超少子高齢化社会における深刻な要介護者の増加」に歯止めをかける取り組みである。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have succeeded in constructing a new type of stretchable electronic system in which the in-vivo environment in motion (dynamic stress, flexibility, body temperature, and body pressure) is created in detail in a "petri dish" by using elastic electronics technology and flexible biological signal amplification circuits, which were developed by Sekitani Lab. The actual system was mounted in a petri dish to measure the action potential of biological cells and to verify the performance of the system with an LED light source that can provide electrical and light stimulation. A part of this work has been published in Nature Electronics, the world's premier journal for electronics.

研究分野：電子デバイス

キーワード：ストレッチャブルエレクトロニクス フレキシブルエレクトロニクス 生体適合性デバイス

1. 研究開始当初の背景

従来のエレクトロニクスは、Si テクノロジーをベースとしていたため、高性能かつ高信頼性である。その一方、硬く、曲がらないため、柔軟性と伸縮性を有する生体や臓器への直接的な密着使用は現実的でなかった。申請者らは世界に先駆けて、伸縮自在な電子デバイスを実現し、「パッチ式脳波センサ」(ご家庭内で、手軽に脳活動を計測できるシステム)を上市してきた。この技術を、本提案では「伸縮可能なアクティブシャーレ」開発に応用する着想に至った。

幹細胞や iPS 細胞を代表例とする細胞創出・制御技術の進歩は著しい。その一方で、「動きのない(静的環境)シャーレ」内では、心筋、骨、血管細胞などが、十分な強度で培養することが難しい。これは、シャーレ内では、動きなどがなく体内環境(応力、動き、温度、湿度、熱など)が再現できていないことに由来する。申請者の技術は、動的環境の再現が可能であり、より生体内に近い細胞培養が可能となる。さらに、その際に活動電位計測や顕微分光手法等を用いることが出来ることから、in vitro 研究において貢献することが出来る。

柔軟性を持つエレクトロニクスは電気的特性と機械的特性を両立させる必要があり、その信頼性を確保するための材料・プロセス・回路・システムを統合的に開発する必要がある。さらに医療の現場にて実際に使用するための操作性、利便性を考慮するなど、広範な知識と専門家の連携が必要である。本取り組みは、探索的性質が高く、極めて挑戦的である。

我が国における要介護者は 800 万人に達する。この主要因の約 50% は、脳血管疾患であり、医療における新たな取り組みが急がれる。実際、日本人をはじめアジア人では頭蓋内主冠動脈の狭窄が多く、急性脳卒中の 10-20% と報告されている。頭蓋内動脈狭窄病変、脳梗塞治療・脳動脈治療の改革、改善は急務であるが、近年血管内治療の有効性が報告されている。脳内血管内治療は、足の大腿動脈から直径 2 mm のガイドカテーテルを目的部位手前まで到達させる。この中を 0.5mm のマイクロカテーテルを通し目的部位まで到達させ、1 m50cm 離れたカテーテルの根本で、先端の 1 mm 前後の細かい操作をこのカテーテルを通じて行う。高度な技術を要するため内視鏡のような先端部可動システムの開発が望まれるが、0.5mm のサイズでは現行不可能であった。フレキシブル・ストレッチャブルエレクトロニクス技術を活用し、能動カテーテルを実現することで血管内治療の簡易操作、時間短縮が期待される。これにより、安全性の向上、これまで到達できなかった部位へのアプローチ等が可能となる。現在開発しているこのフレキシブル細径カテーテルを、医療の現場で実用化するためには、血管内における各種血栓と電気、光刺激との相関を明らかにすることである。

このような背景から、アクティブシャーレを用いて、体内環境に限りなく近い状況で血管培養を行い、in vitro による研究が欠かせない。本研究提案は、我が国が抱える大きな課題である「超少子高齢化社会における深刻な要介護者の増加」に歯止めをかける取り組みである。

2. 研究の目的

“シャーレに人工的に体内模擬した動的細胞組織(血管など)を構築し、次世代医療に貢献する”

本研究では、透明かつ伸縮自在な有機集積回路を用いて細胞活性、計測と顕微分光分析を同時に行える手法を開発する。動きのある擬似的生体環境をシャーレ内で実現し、血管内皮細胞、筋細胞組織、骨などの動的な生体細胞における電気刺激、機械刺激、活動電位検出、顕微分光分析を通して、生体用エレクトロニクスと生体細胞組織との界面制御技術の基盤技術を開発することを目標とした。

関谷らの研究グループでは、これまでに 1 分子長 2nm の自己組織化単分子(SAM)をゲート絶縁膜に用い、SAM・有機半導体・蒸着電極界面のナノ材料を分子レベル結合させる技術(ナノヘテロ界面の制御技術)を開発し、世界に先駆けて伸縮可能な集積回路およびセンサの作製に成功している。この技術を用いて信号増幅機能を搭載した伸縮性 in vitro 電子機能性シャーレを開発することで、「系統的な外部応力(曲げ・伸長歪)と電気・光刺激を同時に加えながら細胞分析する手法」を実現し、新しいエレクトロニクス・生体界面の解明と学理の創出を目標とする。

3. 研究の方法

生体組織を長期間安定的に培養しながら、その電気的活動を計測しながら兼備分光するシステムを実現するためには以下の要素を兼ね備えている必要がある。

1. 顕微鏡下でさまざまな波長の光を透過できるシャーレおよび透明電極であること
2. 動的な細胞を培養することを目的とするため、伸縮性を備えていること
3. 細胞の電気的活動をマッピングできるようにするため、多チャンネル計測ができること

4. 生体適合性が高いこと

これらの要件を満たすために、本研究では生体適合性が高く、透明性、伸縮性にも優れているシロキサンポリマーを基材に用いることにした。ここに独自に開発してきた銀ナノワイヤーを主体とする透明電極を配置する。このとき少なくとも2×2の多チャンネル計測ができるようなデザインとする

さらに銀電極は細胞毒性があることが知られているため、再表面に高い生体適合性を有する材料を均一にコートすることで、生体適合性、伸縮性、透明性、電気的導電性をすべて堅持した複合カシシステムをシャーレ内に作り上げることを考案した。

動的人工血管モデルの構築と治療手法の創出

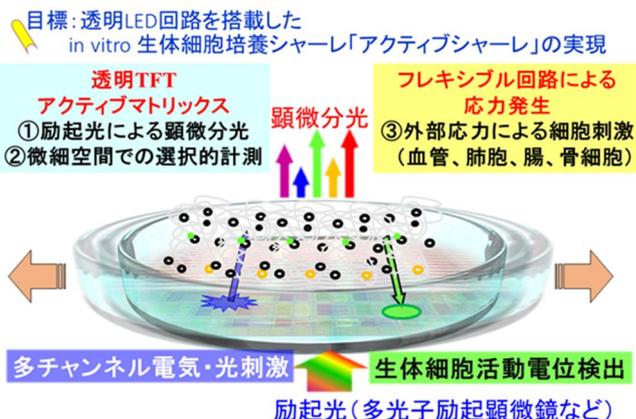


図1：本研究にて提案したアクティブシャーレの概要図。

シャーレを伸縮エレクトロニクス技術で作製することにより、生体内を模擬した動きを実現できる。さらに、伸縮性透明電極を配置することで、細胞活動電位の計測や、電気・光刺激の導入が可能である。全体を透明材料で形成することにより、従来手法である顕微分光等を同時に用いることが出来る特徴を持つ。

4. 研究成果

2018年度と2019年度の2年間において、以下の取り組みを行い、提案してきたアクティブシャーレの原理実験を行うことに成功した。各年度の成果を以下の通り記す。

【2018年度の成果概要】

2年間の取り組みであるため初年度までに、重要な以下の三つの要素を同時に開発し、それぞれの性能を検証する取り組みを進めた。

1. 伸縮可能な基材に生体適合性を付与するための生体適合性分子膜の成膜プロセスの開発と性能検証
2. 伸縮性基材へのフレキシブル 薄膜 LED、活動電位増幅アンプの搭載と繰り返し伸縮試験の検証、
3. 伸縮性システム全体への透明性の付与。

透明電極として銀ナノワイヤを採択し、これを有機溶剤内に均一分散させることで銀ナノワイヤーインクとした。このインクは、表面が親水性材料のみに吸着することから、シロキサンポリマー基材表面に光技術を用いて親水性領域を作り出し、銀ナノワイヤのパターニングを行った。このような材料と電極加工プロセスにより、90%を超える高い透明性を確保しながら、100%の伸縮性電極を実現することに成功した。

高い導電性と透明性を保有しているため銀ナノワイヤを採用したものの、一方で銀イオンの持つ細胞毒性が大きな画題となった。そこで表面を2nmの金ナノにより無電解メッキするとともに、生体適合性材料PMC3Aを塗布することにした。このような材料構成により生体適合性試験においてもISO10993に適合する極めて高い生体適合性を有し、数か月におよぶ細胞毒性試験、生体内埋植試験においても良好な結果を得た。

さらに細胞より発せられる細胞活動電位がmV以下と極めて小さいことから、信号ノイズ比を向上させる観点から、1ミクロン厚みの高分子フィルム上に生体信号を増幅する回路を作製し、各計測点に実装することにした。これにより、細胞から得られる信号を直下で10~100倍以上増幅できるアクティブ電極とすることができる。初年度はこの要素技術を整えるところまで進めることができた。

上記に示す平成30年度の一連の成果は、生体分子材料・バイオエレクトロニクス分野において権威ある欧文学術論文誌Advanced Healthcare Materials(2019)に掲載され、大きな反響を

得た。

【2019年度の成果概要】

最終年度には、昨年度までに実現してきた100%を超える生体適合性伸縮電極とフレキシブル生体信号増幅回路を集積化し、そのシステムとしての性能を検証することに重点を置き取り組んできた。さらに、この集積化したシステムを用いて、その有用性について細胞組織を用いて確認することを目的に取り組んだ。

実際に柔軟電極とフレキシブル生体信号増幅回路を集積化したところ、柔軟電極がアンテナのような役割を果たし、増幅回路が本来持つ性能が保てないことが分かった。この原因を考察する中で、周辺の外乱ノイズ(主には電源ノイズ、周辺の計測機器が出すノイズ、電磁波など)の影響を大きく受けてしまい、計測が大きく乱されてしまうことを突き止めた。生体活動に伴う電圧は大きくてもミリボルト程度で、小さいものではマイクロボルトとなる。一方、外乱のノイズはミリボルト程度が見られており、この構成では細胞組織の活動電位を正確に計測できない課題に直面した。

そこで、生体信号増幅回路について見直し、外乱ノイズを補償、相殺できる回路設計に取り組んだ。より具体的には、初年度までに作製してきた従来の単一信号増幅設計から、差動増幅設計へと回路を作製することである。差動増幅回路は、それを構成するトランジスタの特性バラツキの許容量が小さいことから、フレキシブル高分子基材の上で作成することは極めて困難であったが、プロセス技術および特性バラツキ補償回路デザインを交換することで、この課題を克服することに成功した。実際に作製した厚さ1マイクロメートルの有機薄膜差動増幅アンプは、外乱ノイズを100分の1程度まで減少させるとともに、生体信号を10倍程度増幅させる機能を有する。すなわち、信号ノイズ比として1000倍近い増幅ができることを確認した。

本成果は、エレクトロニクスとして世界最高峰の欧文学術論文誌であるNature Electronics誌に掲載された。さらにその号において表紙を飾ることができた。このように大きな反響を得ることができた。

最後に、このように作製した透明多チャンネル柔軟電極とフレキシブル差動増幅回路を用いて、生体細胞の活動電位を医療機器機と同等精度で計測できることを確認した。さらに、電気的および光刺激を与えることができるLED光源を搭載させて、システム性能を検証することに成功した。

この研究では、筋電の計測を行うことで、システムの有用性検証に取り組んできた。今後は、医療機関との連携をさらに密に行うことで、取り扱いが難しい骨細胞などにおいても取り組み、本システムの有用性を検証する取り組みを行いたい。

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 5件／うちオープンアクセス 13件）

1. 著者名 Kondo M., Melzer M., Karnaushenko D., Uemura T., Yoshimoto S., Akiyama M., Noda Y., Araki T., Schmidt O. G., Sekitani T.	4. 巻 6
2. 論文標題 Imperceptible magnetic sensor matrix system integrated with organic driver and amplifier circuits	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 6094 ~ 6094
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aay6094	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 Bhardwaj Bishwajeet Singh, Sam Rhea Thankam, Umakoshi Takayuki, Namba Naoko, Uemura Takafumi, Sekitani Tsuyoshi, Verma Prabhat	4. 巻 13
2. 論文標題 Probing inter-molecular interactions of dinaphthothienothiophene (DNTT) molecules in a transistor device using low-frequency Raman spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 022010 ~ 022010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab6e0d	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 Ota S., Ando A., Sekitani T., Koyama T., Chiba D.	4. 巻 115
2. 論文標題 Flexible CoFeB/MgO-based magnetic tunnel junctions annealed at high temperature (?350? °C)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 202401 ~ 202401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5128952	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 Araki Teppei, Uemura Takafumi, Yoshimoto Shusuke, Takemoto Ashuya, Noda Yuki, Izumi Shintaro, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Wireless Monitoring Using a Stretchable and Transparent Sensor Sheet Containing Metal Nanowires	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1902684 ~ 1902684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201902684	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 Bhardwaj Bishwajeet Singh, Sugiyama Takeshi, Namba Naoko, Umakoshi Takayuki, Uemura Takafumi, Sekitani Tsuyoshi, Verma Prabhat	4. 巻 9
2. 論文標題 Orientation analysis of pentacene molecules in organic field-effect transistor devices using polarization-dependent Raman spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-51647-2	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 Kondo Masaya, Uemura Takafumi, Ishiwari Fumitaka, Kajitani Takashi, Shoji Yoshiaki, Morita Masato, Namba Naoko, Inoue Yumi, Noda Yuki, Araki Teppei, Fukushima Takanori, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Ultralow-Noise Organic Transistors Based on Polymeric Gate Dielectrics with Self-Assembled Modifiers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 41561 ~ 41569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b13056	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 Sugiyama Masahiro, Uemura Takafumi, Kondo Masaya, Akiyama Mihoko, Namba Naoko, Yoshimoto Shusuke, Noda Yuki, Araki Teppei, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 2
2. 論文標題 An ultraflexible organic differential amplifier for recording electrocardiograms	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Electronics	6. 最初と最後の頁 351 ~ 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41928-019-0283-5	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, Noda Yuki, Uemura Takafumi, Yoshimoto Shusuke, Abbel Robert, Rentrop Corne, van den Brand Jeroen, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 30
2. 論文標題 Fine printing method of silver nanowire electrodes with alignment and accumulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 37LT03 ~ 37LT03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6528/ab2aad	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, den Toonder Jaap M J, Suganuma Katsuaki, Uemura Takafumi, Noda Yuki, Yoshimoto Shusuke, Izumi Shintaro, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Non-contact Laser Printing of Ag Nanowire-based Electrode with Photodegradable Polymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 429 ~ 434
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer.32.429	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 Kondo Masaya, Kajitani Takashi, Uemura Takafumi, Noda Yuki, Ishiwari Fumitaka, Shoji Yoshiaki, Araki Teppei, Yoshimoto Shusuke, Fukushima Takanori, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Highly-ordered Triptycene Modifier Layer Based on Blade Coating for Ultraflexible Organic Transistors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 9200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-45559-4	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 Ota Shinya, Ono Masaki, Matsumoto Hiroki, Ando Akira, Sekitani Tsuyoshi, Kohno Ryuhei, Iguchi Shogo, Koyama Tomohiro, Chiba Daichi	4. 巻 12
2. 論文標題 CoFeB/MgO-based magnetic tunnel junction directly formed on a flexible substrate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 053001 ~ 053001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/ab0dca	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 Inaoka Misaki, Izumi Shintaro, Yoshimoto Shusuke, Nezu Toshikazu, Noda Yuki, Araki Teppei, Uemura Takafumi, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Noise Evaluation System for Biosignal Sensors Using Pseudo-Skin and Helmholtz Coil	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ISMICT 2019	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISMICT.2019.8743712	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 Araki Teppei, Yoshida Fumiaki, Uemura Takafumi, Noda Yuki, Yoshimoto Shusuke, Kaiju Taro, Suzuki Takafumi, Hamanaka Hiroki, Baba Kousuke, Hayakawa Hideki, Yabumoto Taiki, Mochizuki Hideki, Kobayashi Shingo, Tanaka Masaru, Hirata Masayuki, Sekitani Tsuyoshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Long Term Implantable, Flexible, and Transparent Neural Interface Based on Ag/Au Core/Shell Nanowires	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Healthcare Materials	6. 最初と最後の頁 1900130 ~ 1900130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adhm.201900130	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 -

〔学会発表〕 計19件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 木村 知玄、植村 隆文、芝藤 弥生、陶山 武史、上野 博之、関谷 毅
2. 発表標題 反転オフセット印刷電極を用いた低ノイズ有機生体信号アンプ
3. 学会等名 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 Teppei Araki, Takafumi Uemura, Shusuke Yoshimoto, Yuki Noda, Shintaro Izumi, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Stretchable and Transparent EEG Sensor Based on Metal Nanowire and Dry Bioelectrode
3. 学会等名 2019 Material Research Society (MRS) Fall meeting & exhibit, Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ashuya Takemoto, Teppei Araki, Yuki Noda, Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Printed, Ultrathin and Transparent Organic Electrochemical Transistors Via Selective Wetting and Thermal Lamination for Soft Bioelectrical Interfaces
3. 学会等名 2019 Material Research Society (MRS) Fall meeting & exhibit, Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Sugiyama, Takafumi Uemura, Masaya Kondo, Mihoko Akiyama, Naoko Namba, Yumi Inoue, Shusuke Yoshimoto, Teppei Araki, Yuki Noda, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Sheet-Type Instrumentation Amplifier Integrated with Bio-Conformable Organic Cmos Circuit and Thin-Film Resistors
3. 学会等名 2019 Material Research Society (MRS) Fall meeting & exhibit, Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki NODA, Hirokazu IIDA, Toshikazu NEZU, Teppei ARAKI, Shunsuke YOSHIMOTO, and Tsuyoshi SEKITANI
2. 発表標題 Biocompatible Gel for EEG Measurement with High S/N Ratio
3. 学会等名 MRM2019 G-1 Symposium: In-field Molecules for Next-generations Flexible Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi UEMURA, Naoko NAMBA, Masaya KONDO, Masahiro SUGIYAMA, Mihoko AKIYAMA, Shusuke YOSHIMOTO, Yuki NODA, Teppei ARAKI, and Tsuyoshi SEKITANI
2. 発表標題 Biosignal Monitoring Systems with Bio-Conformable Organic Amplifier
3. 学会等名 MRM2019 G-1 Symposium: In-field Molecules for Next-generations Flexible Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei ARAKI, Yuki NODA, Takafumi UEMURA, Shusuke YOSHIMOTO, Shintaro IZUMI, and Tsuyoshi SEKITANI
2. 発表標題 Flexible and Transparent Electrodes Toward Implantable Electronics
3. 学会等名 MRM2019 G-1 Symposium: In-field Molecules for Next-generations Flexible Electronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, Masahiro Sugiyama, Masaya Kondo, Mihoko Akiyama, Naoko Namba, Shusuke Yoshimoto, Yuki Noda, Teppei Araki, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Low Noise Biomonitoring with Ultra Flexible Organic Differential Amplifier
3. 学会等名 8th inec Handai International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Araki, Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Flexible Sensors for Long-Term Monitoring on Brain Activities
3. 学会等名 8th inec Handai International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Patch-Type Biosignal Monitoring System Based on Flexible Electronics
3. 学会等名 The Society for biotechnology, International symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ultraflexible Biosignal Monitoring System Based on Organic Thin-Film Transistors
3. 学会等名 SPIE Organic Photonics + Electronics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Sugiyama, Takafumi Uemura, Masaya Kondo, Mihoko Akiyama, Naoko Namba, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Low-noise electrocardiogram recording with flexible organic differential amplifier
3. 学会等名 10th International Conference on Molecular Electronics & BioElectronics (M&BE10) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Araki and Takafumi Uemura and Shusuke Yoshimoto and Yuki Noda and Shintaro Izumi, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ag-Nanowire-Based Stretchable Electrodes Improved in Migration Durability for Long Therapeutic Bio-Applications
3. 学会等名 The 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Teppei Araki and Takafumi Uemura and Shusuke Yoshimoto and Yuki Noda and Shintaro Izumi, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Transparent and Stretchable Electrodes for Long Therapeutic Bio-Applications
3. 学会等名 The 36th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST 2019), Flexible Packaging (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ultraflexible Biosignal Amplifier Based on Organic Thin-Film Transistors
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (CSW2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ultraflexible Amplification Circuits for Imperceptible Brain Monitoring System
3. 学会等名 2019 International Symposium on VLSI, Design, Automation and Test (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Brain-implanted flexible and stretchable integrated circuit system for comprehensively monitoring brain activities from cerebral cortex to deep brain regions
3. 学会等名 2019 MRS Spring Meeting EP04: Soft and Stretchable Electronics -From Fundamentals to Applications- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Uemura, and Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Ultraflexible Organic Differential Amplifier for Low-Noise Biosignal Monitoring
3. 学会等名 International Conference on Electronics Packaging (ICEP2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuyoshi Sekitani
2. 発表標題 Application of Flexible Devices for Monitoring Cranial Nerve Activities
3. 学会等名 SPIE Defense + Commercial Sensing, Advanced Environmental, Chemical, and Biological Sensing Technologies XV (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪大学産業科学研究所 関谷研究室ホームページ
<https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/aed/>

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	植村 隆文 (Uemura Takafumi)		
研究協力者	荒木 徹平 (Araki Teppei)		
研究協力者	野田 祐樹 (Noda Yuki)		
研究協力者	和泉 慎太郎 (Izumi Shintaro)		
研究協力者	近藤 雅哉 (Kondo Masaya)		

6. 研究組織（つづき）

	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	杉山 真弘 (Sugiyama Masahiro)		