

令和元年6月13日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04203

研究課題名(和文) 高導電性・高伸縮性導電性高分子の開発とソフトアクチュエータへの応用

研究課題名(英文) Development of highly conductive and highly stretchable conductive polymer and its application to soft actuators

研究代表者

奥崎 秀典 (OKUZAKI, Hidenori)

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号：60273033

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、重合温度を変化させてポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(4-スチレンスルホン酸)(PEDOT/PSS)水分散液を新たに合成した。また、PEDOT/PSSにポリグリセリン(PG)を添加することでPEDOT/PSS/PGフィルムを作製した。PEDOT/PSS/PGフィルムの電気伝導度は最高411 S/cmに達し、ポリウレタンにスプレー塗布することで、最高170%延伸可能なことがわかった。イオン液体/ポリウレタンゲルの両面にPEDOT/PSS/PG電極をスプレー塗布することで、100 Hzの周波数でも動作するマイクロアクチュエータの作製に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究開発の最大の特徴は、高導電性と高伸縮性を合わせ持つ導電性高分子という、従来には無かった素材をソフトアクチュエータ電極として用いる点である。高導電性・高伸縮性導電性高分子の開発は、電子ペーパーやタッチパネル、有機太陽電池などフレキシブルで印刷可能な伸縮性有機エレクトロニクスにおいて重要である。一方、小型、軽量、柔軟で動作音が無いソフトアクチュエータは、マイクロポンプや能動カテーテル、ガイドワイヤなどの医療機器や、触覚センサ、パワーアシストスーツなど介護・福祉分野での応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/poly(4-styrenesulfonic acid)(PEDOT/PSS) aqueous dispersions were newly synthesized at different polymerization temperatures. Moreover, the PEDOT/PSS/PG films were fabricated by adding polyglycerol (PG) to the PEDOT/PSS aqueous dispersion. It was found that the PEDOT/PSS/PG spin coated on polyurethane film was stretchable up to 170% and the electrical conductivity reached up to 411 S/cm. By spraying PEDOT/PSS/PG electrodes on both sides of ionic liquid/polyurethane gel, we succeeded in fabricating a microactuator that operates at a frequency of 100 Hz.

研究分野：高分子化学

キーワード：導電性高分子 ソフトアクチュエータ PEDOT/PSS

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

軽量で安価な高分子材料の変形を電気刺激により自在に制御できれば、ソフトでフレキシブルなアクチュエータや人工筋肉への応用が可能である。研究代表者は、導電性高分子のポリピロロフィルムが水蒸気の吸脱着に反応して空気中で素早く屈曲する現象を見出し、この原理を回転運動に応用した「高分子モーター」を試作した。さらに、ポリピロロフィルムに数ボルトの低電圧を印加することにより空気中で収縮する現象を見出した。しかしながら、電解重合によるフィルム作製に 12 時間以上かかることや、得られた素子の発生応力が小さい(0.02 MPa)、繰り返し安定性や耐久性が低い等の課題が残されていた。そこで、これらの課題を解決するために、電気・力学特性や耐熱性、化学安定性に優れ、塗布により容易に成型可能なポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(4-スチレンスルホン酸)(PEDOT/PSS)に着目した。実験結果から、最大伸縮率および発生応力はそれぞれ 4% (ポリピロロの 4 倍)、17 MPa (ポリピロロの 2.5 倍、筋肉の 50 倍以上)に達し、8 万回以上安定に動作することがわかった。さらに、ポリスチレンスルホン酸(PSS)を添加することで、フィルムの伸縮率を最大 7%まで向上させることに成功し、コロイド間の水素結合抑制と、相対湿度の上昇による含水率の向上に基づくことを明らかにした。しかしながら、フィルムの伸縮が水蒸気の拡散律速であるため応答が遅い(0.1 Hz、5 s)、動作環境(湿度雰囲気)の影響を受ける、PEDOT/PSS コロイド粒子間の水素結合によりフィルムが形成されるため伸縮性に乏しい(6%)という課題があった。

一方、従来のソフトアクチュエータにおいて、フレキシブルな動作に追従できる高導電・高伸縮性電極がほとんど無いという問題があった。以前、アラビトールやキシリトールのような糖アルコールを PEDOT/PSS に添加・加熱することで、フィルムの伸縮性が大きく向上する(25%)とともに、100 倍以上高導電化(100 S/cm)することを見出した。そこで実際に、PEDOT/PSS/糖アルコールフィルムをイオン伝導アクチュエータに応用した。しかし、PEDOT/PSS/糖アルコールの電気伝導度はまだ低く、厚い電極(14 μm)がアクチュエータの屈曲を阻害するため、屈曲変位が小さい(歪 0.1%)、応答速度が遅い(1 Hz、0.5 s)などの課題があった。また、糖アルコールは融点以上で熱処理が必要であるにもかかわらず、低い耐熱性(熱分解による脱離)が問題として残っていた。

2. 研究の目的

本研究では、高導電性・高伸縮性導電性高分子の開発とソフトアクチュエータへの応用を目的とした。具体的には、高導電性 PEDOT/PSS の合成条件の最適化、ポリグリセリン(PG)添加による PEDOT/PSS フィルムの高伸縮率化、イオン液体/エラストマーゲルとの複合化によるイオン伝導アクチュエータの開発に焦点を絞り、最終的に 400 S/cm 以上の電気伝導度と 100%以上の絶縁破壊伸度を有するソフト電極を開発し、100 Hz 以上(5 ms 以下)で高速応答するイオン伝導アクチュエータを実現する。

3. 研究の方法

(1)高導電性高分子の合成

EDOT モノマーおよび酸化剤濃度、重合温度、限外ろ過装置を用いた高純度化を重点的に検討した。PEDOT/PSS の各階層構造ごとに構造解析を行い、電気伝導度向上の指針を得た。

(2)高伸縮性電極の作製

重合度の異なるポリグリセリン(PG)のスクリーニングと製膜条件の最適化した。PEDOT/PSS/PG フィルムの電気・力学特性評価と X 線回折(XRD)を用いた構造解析により、高導電性・高伸縮性発現のメカニズムを解明した。

(3)ソフトアクチュエータの作製

ポリウレタンとイオン液体(IL/PU)ゲルの最適化とイオン伝導度を評価した。IL/PU/PEDOT/PSS/PG ソフトアクチュエータを作製し、ソフトアクチュエータの電場応答特性評価による駆動メカニズムの解明と高速応答化について検討した。

4. 研究成果

(1)高導電性高分子の合成

PEDOT/PSS において PSS は二つの機能を有する。一つは、ポーラロンまたはバイポーロン状態の PEDOT の正電荷を補償する対イオン(ドーバント)であり、もう一つは疎水的な PEDOT を水に安定分散させるための分散剤である。すなわち、組成比()は PEDOT/PSS コロイド粒子の分散状態に影響を与える重要なパラメータである。PEDOT/PSS の XPS スペクトルにおいて、結合エネルギー 163 eV と 167 eV のピークは、それぞれ PEDOT と PSS の硫黄原子に帰属される。XPS スペクトルのピーク面積から算出した実際の組成比()が仕込の組成比とよく一致することがわかった。PEDOT/PSS コロイド粒子のメジアン径(D_{50})およびゼータ電位に対する組成比の影響を、動的光散乱法(DLS)によって測定した。 $\zeta = 2.3 \sim 8.3$ において鋭い単分散ピークが見られ、 $D_{50} = 17 \sim 29 \text{ nm}$ 、ゼータ電位は $-86 \sim -89 \text{ mV}$ であることがわかった。これは、負に帯電した PSS が PEDOT:PSS コロイド粒子の表面を覆っているためである。一方、 $\zeta = 1.4$ ではゼータ電位が低下しコロイド粒径も急増することから、コロイド粒子の凝集を示唆する。PEDOT/PSS フィルムの XRD 測定において、 $2\theta = 26^\circ$ ($d = 3.4 \text{ \AA}$)にデバイ-シェラー環が現

れ、PEDOT 斜方晶の(020)面からの回折に帰属されることがわかった。ここで、二次ドープントとして高沸点および高誘電率を有するエチレングリコール(EG)は、遮蔽効果によって PEDOT カチオンと PSS アニオンとの間の静電相互作用を減少させると考えられる。結果として、直鎖的かつ平面的な PEDOT 分子の自発的なスタッキングを誘発し、結晶化を促進する。また、 α の増加とともに結晶化度(X_c)が低下した。これは、PEDOT/PSS 中の PEDOT 分率の減少に起因する。0.1 V のバイアス電圧下で基板とカンチレバー間に流れる電流を導電性 AFM(c-AFM)によって評価した。電流像は PEDOT ナノ結晶と考えられる電気の流れやすい明るい領域と、PSS マトリックスと考えられる電気の流れにくい青い領域からなり、相分離構造を示唆する。組成比にかかわらず、導電性粒子サイズ(D_{cp})は約 10 μm であった。興味深いことに、ナノ結晶数(N_{cp})は $\alpha = 2.3$ で最大となり、PEDOT ナノ結晶が PSS マトリックス中に高密度かつ均一に分布していることがわかった。電気伝導度は α の減少と共に直線的に上昇し、 $\alpha = 2.3$ で最大 700 S/cm に達した(図 1)。これは、PEDOT の割合が増加したためと考えられる。これに対し、 $\alpha = 1.4$ で導電率は逆に低下したことから、PEDOT/PSS に最適組成が存在することが明らかになった。さらに、電気伝導度と N_{cp} の間の強い相関がみられたことから、多数の導電性 PEDOT ナノ結晶が PSS マトリックス中に均一に分布した状態がキャリアホッピングに最適な構造であり、最も高いバルクの電気伝導度を示すことがわかった。

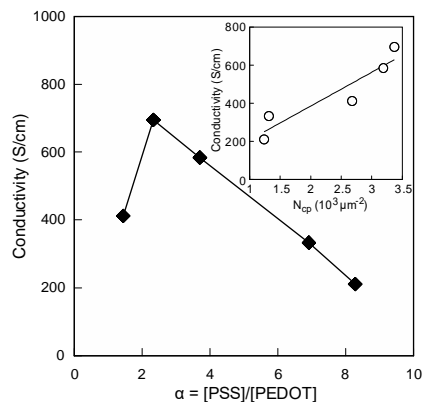


図 1 PEDOT/PSS フィルムの電気伝導度の依存性と N_{cp} との関係

(2) 高伸縮性電極の作製

重合度 $n = 1 \sim 10$ のポリグリセリン(PG)を用い、PG と PEDOT/PSS と組み合わせることで、伸縮性電極を作製した。具体的には、さまざまな濃度の PG と PEDOT/PSS 水分散液を混合し、空气中 160 $^{\circ}\text{C}$ で 1 時間加熱することにより PEDOT/PSS/PG キャストフィルムを作製した。 $n = 1$ のグリセリン、 $n = 4$ の PG4、 $n = 10$ の PG10 について電気伝導度を測定したところ、PG 濃度が 40% 以上で電気伝導度が急激に上昇し、PG の重合度によらず 60% で最大となることがわかった。これは、PEDOT が結晶化するためと考えられる。実際、PG4 について XRD 測定したところ、 $2\theta = 26^{\circ}$ 付近に PEDOT の スタックに相当する(020)面からの回折ピークが PG 濃度の上昇とともに増加し、60% で最大となることがわかった。一方、PG 濃度 60% 以上で電気伝導度が逆に低下するのは、結晶性の低下とともに PEDOT の割合が減少するためである。そこで、PG の最適濃度を 60% とし、重合度について比較を行った。膜厚が約 20 μm においてシート抵抗は約 1 Ω/\square と低いのにに対し、電気伝導度は PG10 で 342 S/cm であった。重合度の低下により電気伝導度はさらに向上し、 n が 4 以下で 400 S/cm を超えることがわかった。さらに、フィルムの耐熱性を調べるため TG-DTA 測定を行った。水の脱離にともなう室温から 100 $^{\circ}\text{C}$ の重量変化が PG 添加により減少することから、PEDOT/PSS の吸湿性が低下したことがわかった。興味深いことに、100 ~ 200 $^{\circ}\text{C}$ までの重量減少がほとんどないことから、優れた耐熱性を有することがわかった。実際、熱分解温度は PG4 以上で 220 $^{\circ}\text{C}$ に達した。そこで、PEDOT/PSS/PG フィルムの力学特性を調べるため、引張試験を行った。応力歪曲線は PG 添加により大きく変化し、ヤング率は PG の重合度と共に低下した。これは、低分子のグリセリンよりもポリグリセリンの方が、PEDOT/PSS コロイド間の水素結合を減少させる可塑効果が高いことを意味する。一方、切断伸度は PG の重合度とともに上昇し、PG4 で最高 26% に達したが、PG6 や PG10 では逆に低下することがわかった。これは、分子量の増加に伴う PG 鎖の絡み合いや水素結合による架橋など、粘性よりも弾性の寄与が増大したためと考えられる。実際、PG10 において強度がわずかに増加することがわかった。得られた実験結果から、PG4 フィルムが高い電気伝導度と耐熱温度、切断伸度を併せ持つことが明らかになった。そこで、実際に伸縮性電極への応用について検討した。PEDOT/PSS/PG 溶液をポリウレタン上にスプレー塗布した伸縮性電極を作製した。

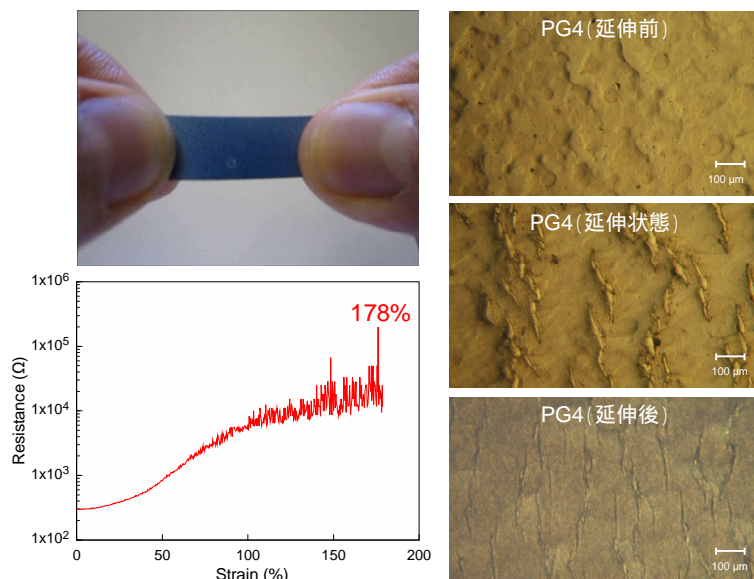


図 2 PEDOT/PSS/PG4/PU フィルムの抵抗歪曲線(左)と表面状態の変化(右)

伸縮性電極の両端に導線を付け、電圧を印加しながら 50%のひずみを繰り返し印加したときの抵抗値を測定した。まず始めに、PEDOT/PSS/グリセリンとポリウレタンからなる電極を延伸したところ、すぐに無数の亀裂が入り断線してしまった。これは、切断伸度が 6%と低いためである。一方、元に戻すと再び電流が流れることから、物理的な接触によって導電パスが回復したと考えられる。延伸前後の電極表面を顕微鏡観察したところ、延伸前は PEDOT/PSS/グリセリン膜がポリウレタン上に均一にスプレー塗布されているのに対し、延伸状態では幅 50 μm 程度のクラックが延伸軸に対して垂直方向に伸びていることが確認された。クラックの長さが電極の幅と同程度まで達することから断線が起こったと考えられる。応力を除くとポリウレタンのゴム弾性によって元の長さに戻り導電性は回復するが、クラックは残ったままであった。これに対し、PEDOT/PSS/PG4 とポリウレタンからなる電極は、50%伸ばしても断線せず、抵抗値が可逆的に変化することがわかった。フィルムの切断伸度である 26%以上延伸しても電流が流れるのは、すべての導電パスが切れているわけではなく、一部つながった状態を保持しているためと考えられる。表面の顕微鏡写真を見ると、膜厚は不均一であり、直径 100 μm 程度の液滴が付着・乾燥した積層構造を形成していることがわかった。延伸によりクラックは生じるが、その幅や長さは短く、導電パスが残っていることがわかる(図 2)。これは、PG4 電極が高い切断伸度を有するとともに、表面の凹凸によりクラックが成長しにくいいためと考えられる。実際、50%以上の延伸が可能であり、最高 180%まで抵抗値を測定できることがわかった。

(3)ソフトアクチュエータの作製

イオン伝導性高分子ゲルを伸縮性電極で挟んだイオン伝導型アクチュエータについて検討した。このアクチュエータの屈曲メカニズムは次のように考えられる。電圧印加によりイオンがアノード側とカソード側に分極する際、カチオンとアニオンの体積や移動度の違い、濃度勾配の非対称性から電極表面近傍で体積差が生じ、ゲルは屈曲する。一般に、イオン伝導型アクチュエータは屈曲変形を示し、空気中で低電圧駆動、小型化が容易などの特徴があり、ソフトでフレキシブル、高いイオン伝導性、優れた安定性が要求される。本研究では、イオン伝導性高分子としてイオン液体/ポリウレタン(IL/PU)ゲルを用いた。PU は強度や誘電率が高く、耐摩耗性を有する典型的なエラストマーである。特に、熱可塑性 PU は溶媒に可溶で、キャストにより薄膜化が可能である。一方、IL は常温で溶融した塩であり、不揮発性、安定性、難燃性、高導電性などの優れた性質を有する。様々な IL をスクリーニングした結果、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムビス(トリフルオロメタンスルホン)イミド([EMI][TFSI])が PU と最も高い相溶性を示した。そこで、[EMI][TFSI]/PU ゲルを作製した。まずはじめに、PU のペレットと[EMI][TFSI]を N,N-ジメチルアセトアミド(DMAc)に 10 wt%の濃度で溶かした。次に、混合液をガラス基板の上にキャストし、50 で 12 時間加熱することで薄膜ゲルを作製した。得られた PU/IL ゲルは均質かつ透明で、外観はイオン液体を含まない PU エラストマーと全く変わらなかったことから、[EMI][TFSI]が PU と高い親和性を有することがわかった。数十パーセントの IL を含んでいるにも関わらず、ゲルは約 600%も伸びることが明らかになった。さらに、イオン伝導性を評価するため交流インピーダンス測定を行った。PU だけで

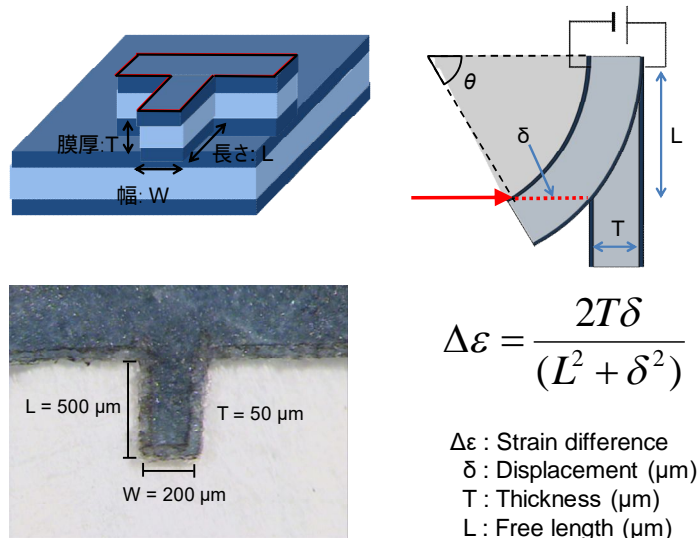


図3 マイクロアクチュエータの作製と歪差()

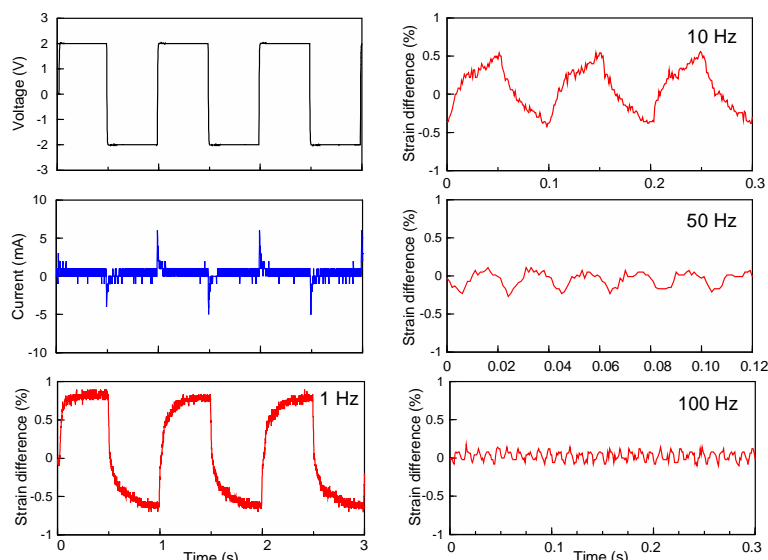


図4 マイクロアクチュエータ(長さ500 μm、幅200 μm、厚さ25 μm)の応答特性と周波数応答性

はコール・コールプロットに半円のみを示したが、IL を多く含むほど半円は小さくなり、低周波数領域においてイオンの拡散に基づく直線が現れた。ここで、ゲルの抵抗成分である R_{gel} はイオン液体の添加により減少し、抵抗値から算出したイオン伝導度は、70 wt%で最高 $1.3 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ に達した。そこで、IL を 70%含む IL/PU ゲルを用いてマイクロアクチュエータを作製した。電極として、PEDOT/PSS/PG4 をスプレー法により製膜した。スプレー時間が長くなるとともに膜厚は増加し、表面抵抗が急激に低下することがわかった。一方、電気伝導度は膜厚の増加とともにわずかに低下するが、400~450 S/cm と非常に高かった。一般に、厚い電極はアクチュエータの屈曲変形を阻害するため、膜厚を 1 μm に決定した。マイクロアクチュエータはレーザー加工により作製した(図3)。まずはじめに、アクチュエータの形状をデザインし、次に波長 10.6 μm の CO_2 レーザーを、出力 40~100%、1000 mm/s の速度で掃引した。最後に、型から抜く事により一辺 25~1000 μm のマイクロアクチュエータを作製した。電極部分をケルピンクリップで挟み、ポテンショスタットとファンクションジェネレータから電圧印加した時のゲル末端の変位を、レーザー変位計で測定した。アクチュエータの屈曲形状が円弧の一部と仮定した場合、自由長 L 、膜厚 T 、そして屈曲変位 δ から、ゲル両側のひずみ差 ϵ を算出した。長さ 500 μm 、幅 200 μm 、厚さ 25 μm のマイクロアクチュエータに 2 V の電圧を印加したところ、約 7 mA のパルス電流が流れた。一方、電圧を切ると逆電流を生じることから、ゲルはキャパシタ特性を示すことがわかった(図4)。ここで、電圧変化に同期して屈曲変位を示す事から、マイクロアクチュエータの駆動が確認された。興味深いことに、周波数を 10 Hz、50 Hz と上げても屈曲変位を示し、100 Hz でもアクチュエータが動作することが明らかになった。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件)

奥崎 秀典、伸縮性を有する高導電性 PEDOT:PSS フィルムの開発と応用、マテリアルステージ、査読無、Vol.18、No.2、2018、pp.37-42

Y.-J. An, K. Iwashita, H. Okuzaki, Electromechanical Properties and Structure of Stretchable and Highly Conductive Polymer Hydrogels, Multifunctional Materials, 査読有, Vol.2, No.1, 2018, pp.01400

箭野 裕一、西山 正一、林 定快、工藤 一希、奥崎 秀典、新規自己ドープ型水溶性導電性高分子の合成と特性評価、高分子論文集、査読有、Vol.75、No.6、2018、pp.607-612

DOI: <https://doi.org/10.1295/koron.2018-0022>

T. Wakabayashi, M. Katsunuma, K. Kudo, H. Okuzaki, pH-Tunable High Performance PEDOT:PSS Aluminum Solid Electrolytic Capacitors, ACS Applied Energy Materials, 査読有, Vol.1, No.5, 2018, pp.2157-2163

DOI: <https://doi.org/10.1021/acsaem.8b00210>

T. Horii, H. Hikawa, M. Katsunuma, H. Okuzaki, Synthesis of Highly Conductive PEDOT:PSS and Correlation with Hierarchical Structure, Polymer, 査読有, Vol.140, 2018, pp.33-38

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2018.02.034>

T. Mochizuki, Y. Takigami, T. Kondo, H. Okuzaki, Fabrication of Flexible Transparent Electrodes Using PEDOT:PSS and Application to Resistive Touch Screen Panels, J. Appl. Polym. Sci., 査読有, Vol.135, No.10, 2018, pp.45972

DOI: <https://doi.org/10.1002/app.45972>

奥崎 秀典、電場駆動型ソフトアクチュエータ、高分子、査読無、Vol.66、No.7、2017、pp.346-348

野田 飛鳥、小林 栄樹、奥崎 秀典、導電性高分子を用いたフレキシブル透明電場シールド、査読有、高分子論文集、Vol.74、No.6、2017、pp.572-576

DOI: <https://doi.org/10.1295/koron.2017-0050>

望月 武夫、尾身 拓哉、野田飛鳥、奥崎 秀典、フレキシブル透明圧電素子の作製とフィルムスピーカーへの応用、高分子論文集、査読有、Vol.74、No.4、2017、pp.298-303

DOI: <https://doi.org/10.1295/koron.2017-0002>

奥崎 秀典、運動する高分子材料 - ソフトアクチュエーター - 、現代化学、査読無、Vol.545、No.8、2016、pp.36-38

[学会発表] (計 13 件)

H. Okuzaki, Flexible sensors with highly conductive polymer electrodes, Japan-China Joint Workshop on Recent Advances on Active Soft Materials 2018, 2018

奥崎 秀典、導電性高分子の基礎と有機エレクトロニクスへの応用、高分子学会 Webinar2018、2018

奥崎 秀典、導電性高分子を用いたフレキシブルアクチュエーター、第 228 回有機エレクトロニクス材料研究会、2018

H. Okuzaki, Flexible Acceleration Sensors with Highly Conductive Polymer Electrodes, EuroEAP2018, 2018

奥崎 秀典、導電性高分子を用いたソフトアクチュエータ、日本化学会第 98 春季年会、2018

奥崎 秀典、ソフトアクチュエータ研究の最新動向、JFPS 第 11 回機能性流体テクノロジー

の次世代 FPS への展開に関する研究委員会、2017

奥崎 秀典、導電性高分子アクチュエータ、ソフトアクチュエータ産業化研究会、2017

奥崎 秀典、導電性高分子を用いたソフトアクチュエータ、平成 29 年度高分子学会北陸支部研究発表会、2017

H. Okuzaki, Conducting Polymers for Electro-Active Polymer Soft Actuators, 2017 AMSM, 2017

奥崎 秀典、導電性高分子 PEDOT の現状と用途展開、分子系の複合電子機能第 181 委員会第 26 回研究会、2017

H. Okuzaki, Highly Conductive Polymers: A Key Material for Organic Electronics, IPC2016, 2016

H. Okuzaki, Stretchable Conducting Polymer Electrodes for Soft Actuators, CIMTEC2016, 2016

奥崎 秀典、伸縮性導電性高分子の開発とソフトセンサ・アクチュエータへの応用、第 363 回ゴム技術フォーラム月例会、2016

〔図書〕(計 6 件)

勝山 直哉,奥崎 秀典、フレキシブルデバイス用マテリアルの開発と市場、シーエムシー、2019、pp.40-48

奥崎 秀典、刺激応答性高分子ハンドブック、宮田 隆志監修、エヌ・ティー・エス、2018、pp.639-646

奥崎 秀典、第 4 版 現代界面コロイド化学の基礎 (日本化学会編)、丸善出版、2018、pp.142-143

佐藤 正樹、奥崎 秀典、ソフトアクチュエータの材料・構成・応用技術、安積 欣志・奥崎 秀典・鈴森 康一監修、S&T 出版、2016、pp.111-118

奥崎 秀典、ソフトアクチュエータの材料・構成・応用技術、安積 欣志・奥崎 秀典・鈴森 康一監修、S&T 出版、2016、pp.3-9

K. Kaneto, E. W. H. Jager, G. Alici, H. Okuzaki, Electromechanically Active Polymers - A Concise Reference, F. Carpi Ed., Springer International Publishing, Switzerland, Chap.16, 2016, pp.385-411

〔産業財産権〕

出願状況 (計 2 件)

名称：導電性高分子複合体、導電性高分子複合体の製造方法、導電性高分子複合体組成物及び薄膜

発明者：奥崎 秀典、大堀 達也、久留島 康功、長谷川 貴志

権利者：国立大学法人山梨大学、ナガセケムテックス株式会社

種類：特許

番号：特願 2016-80955 号

出願年：平成 28 年

国内外の別：国内

名称：フレキシブル加速度センサならびにそれを用いたモーションセンサ

発明者：奥崎 秀典

権利者：国立大学法人山梨大学

種類：特許

番号：特願 2016-164222 号

出願年：平成 28 年

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~okuzaki/okuzaki.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

なし