

2018年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所属機関名	山形大学 大学院有機材料システム研究科
職位または役職	助教
氏名	関根 智仁

1. 研究題目

触覚フィードバックシステムを指向した印刷型平面ソフトアクチュエータの開発

2. 研究目的

本研究は、触覚フィードバックシステムに応用可能な印刷型平面ソフトアクチュエータを開発し、新規バイブレーションデバイスとしての実用化可能性を見出すことを目的とする。

これまでの薄膜アクチュエータはチップ上のアクチュエータなどを基板に実装したものが多く、操作上違和感を与えるため高い平面性が求められていた。これに対し、低コストでデバイスを作製可能な印刷型有機デバイスをプラットフォームとした有機アクチュエータは、既存アクチュエータに比較して平面性、薄膜性に優れることから新規ハプティクスデバイス(力や振動、動きなどを与えることで皮膚感覚フィードバックを与えるデバイス。タッチパネルなどでもメンブレンスイッチを押した感覚を与えることができる)への応用が期待できる。一方で、既存技術と比較した場合、駆動性に課題があるため上記のような新しい用途展開は未だされていない。そこで申請者は、強誘電性(ピエゾ)高分子をベースとした有機アクチュエータ材料として大駆動が可能なリラクサーブレンドポリマーを導入することによる平面触覚フィードバックシステムに着目した。

3. 研究内容及び成果

【研究の背景と課題】

これまでの薄膜アクチュエータはチップ上のアクチュエータなどを基板に実装したものが多く、操作上違和感を与えるため高い平面性が求められていた。これに対し、低コストでデバイスを作製可能な印刷型有機デバイスをプラットフォームとした有機アクチュエータは、既存デバイスに比較して平面性、薄膜性に優れることから新規ハプティクス(力や振動、動きなどを与えることで皮膚感覚フィードバックの総称)デバイスへの応用が期待できる。一方、既存技術と比較した場合、駆動性に課題があるため上記のような新しい用途展開は未だされていない。そこで申請者は、強誘電性(ピエゾ)高分子をベースとした有機アクチュエータ材料として大駆動が可能な平面触覚フィードバックシステムに着目した。

【研究成果】

研究達成に向けて、まず強誘電性高分子 P(VDF-TrFE)を用い、その溶媒に用いるダイポールモーメントを最適化することで平坦性の極めて高い印刷型薄膜アクチュエータを形成できることを見出した。特に、リン酸トリメチルと言った極性溶媒を用い、比較的大面積で薄膜を形成できるスクリーン印刷装置にて薄膜形成した。これにより、溶液粘度が本アクチュエータ駆動層の薄膜形成に極めて大きな影響を与えることが明らかになった(図1)。これは、強誘電性高分子層の成膜時に、緩やかなシア応力を印加することが結晶の成長に有利であるためであると考えられる。当初、目標としていた薄膜の表面粗さ自体も上記方法を用いることで RMS = 20 nm を達成している。積層デバイスにおいては、各層の表面粗さは重要なファクターのひとつであるため、成膜性の担保と高結晶性の両立は、デバイス作製上注視すべき知見である。

研究後半期では、上記から得た知見をもとに、実際に平面ソフトアクチュエータを作製した。厚さ 50 μm のポリエチレンナフタレート基板上に導電性高分子、および強誘電性高分子をそれぞれスクリーン印刷法で成膜し、約 150 $^{\circ}\text{C}$ で焼成することでアクチュエータを得た。本デバイスに、実際に電界を 0 から 100 MV m^{-1} の範囲で 1 Hz にて印加した場合、約 1 mm の鉛直方向に対するアクチュエーションを確認した。また、この動き自体は、使用した強誘電性高分子の抗電界に依存するため、50 MV m^{-1} 時に最もその動き成分が大きくなることが明らかになった(図2)。今後は、基板の拘束によるアクチュエーションへの影響の解明や、更なる高速/大駆動に向けた材料システムの構築を行う予定である。

【印刷特性】

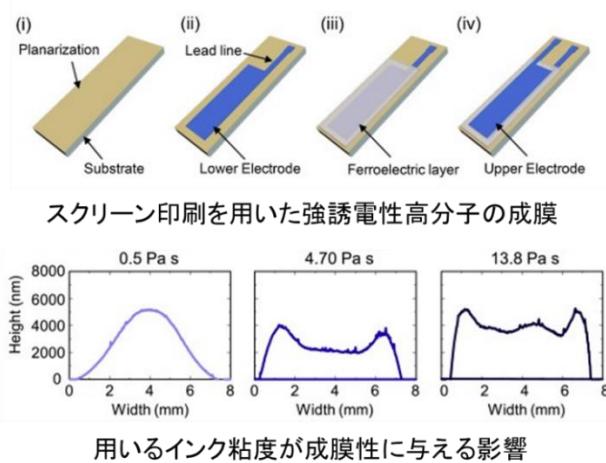


図 1 極性溶媒を用いた強誘電性高分子溶液のスクリーン印刷法への適応性。溶液粘度が成膜性に影響を与えることを明らかにした。

【アクチュエーション特性】

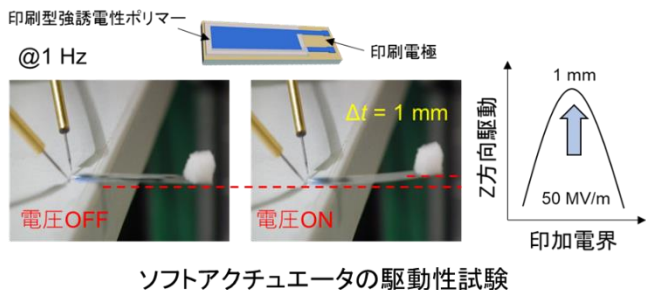


図 2. 作成した有機アクチュエータの駆動性。抗電界周辺で最も大きな駆動を実現した。

4. 今後の研究の見通し

今後は、これまで得た知見を発展させ、高速駆動可能なフレキシブルソフトアクチュエータの実現を目指す。さらに、ソフトアクチュエータの応用として期待できる生体触覚機能などへの応用も併せて行う。具体的には、昨年度まで培った印刷プロセスをベースとし、応答周波数に着目した材料／構造システム構築を行うことで高速駆動型フレキシブルソフトアクチュエータを開発する。これにより、ヒトがもつ生体触覚機能の一つである触感覚を与えることが可能な平面ハプティクスデバイスの実現を目指す。

5. 助成研究による主な発表論文, 著書名

【学術論文(査読付)】

[1] J. Sato, **T. Sekine***, Yi-Fei Wang, Yasunori Takeda, Hiroyuki, Matsui, Daisuke Kumaki, Fabrice Domingues Dos Santos, Atsushi Miyabo, Shizuo Tokito

“Development of Ferroelectric Polymer-based Fully Printed Flexible Strain Sensor and Their Application for Human Motion Capture”

Sensors and Actuators A: Physical, vol. 31, pp: 99 (2019).

【国内会議】

[1] 奥山 義弘, **関根 智仁**, 芝 健夫、時任 静士,
“印刷型 PVDF 圧力センサアレイの新規パッシブ駆動方式の開発”
電気情報通信学会, C-13-3 (2019).