

K6-10

2-プロパノール混合動作溶液における PPy アクチュエータの特性評価

The characteristic evaluation of the PPy actuator in two - propanol mixture movement solution

荻原 翔¹、鈴木悠太郎¹、星野大樹²、東正浩²、森田剛史²、段宗范²、西岡泰城³

Shou Ogihara, Yuutaro Suzuki, Daiki Hoshino, Masahiro Higashi, Tsuyoshi Morita, Zongfan Duan, Yasuhiro Nishioka

Organic soft linear actuators made of conducting polymers such as polypyrrole (PPy) films are of special interest for application in electromechanical systems because they generate pretty large electrochemomechanical stress and strain. In this work, a PPy actuator was fabricated by galvanostatic electropolymerization. The electrochemical deformation behaviours of the PPy actuator were investigated in aqueous solutions of an electrolyte lithium bis(trifluoromethanesulphonyl)imide (LiTFSI) containing different concentrations of 2-propanol. Dramatic improvement of the electrochemical strain from 3 % to 12 % was achieved when the actuator was driven by the potential between -1 V and 1 V in the LiTFSI electrolyte containing 20 to 40 % of 2-propanol under the load stress of 0.3 MPa. Possible mechanisms for those behaviours were discussed.

1. はじめに

近年、ポリピロール(PPy)などに代表される導電性高分子を用いたアクチュエータの研究が進められている。これは電界溶液中で電圧を加えることによって、ドーピング、脱ドーピングによって伸縮を行うものである。2005 年に九州工大から、電界溶液に粘性の低いアセトニトリルを混合させると PPy アクチュエータの変形量・応答速度が向上するという報告があった(1)。

本報告では、2-プロパノールを電解液に混合させることで、PPyアクチュエータの伸縮率改善に繋がることを確認されたので報告する。

2. 原理

2-1 電界重合法

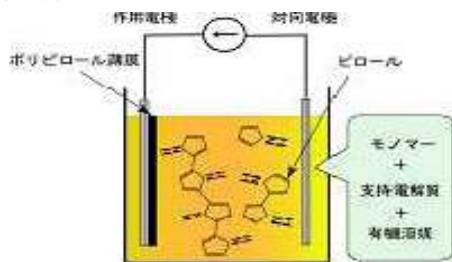


図 1 電界重合

ポリピロールを重合する際は、図1 に示したようにピロールに支持電解質と有機溶媒を混合したものに定電流を流すことによって、ポリピロール薄膜が重合される。

2-2 動作原理(電界伸縮)

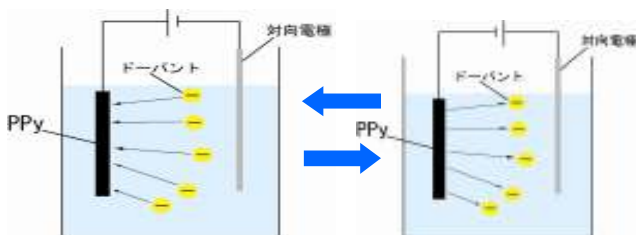


図 2 伸縮原理

ポリピロールの伸縮原理は図2 に示したように、PPy 薄膜を作用電極に取り付け、向かい側に対向電極を設置する。その間に正電圧を印加すると、電界溶液中のドーパント(陰イオン)が PPy 薄膜に取り込まれ体積が増加する。また、負電圧を印加すると薄膜内からドーパントが抜け出し体積が減少する。これが電界伸縮の原理である。

3. 実験

3-1 PPy 膜の作製

今回実験で用いた PPy 膜はモノマーとして pyrrole、支持電解質として N,N-Diethyl-N-methyl-N-(2-methoxyethyl) ammonium bis(trifluoromethanesulfonyl) imide、有機溶媒は安息香酸メチルを用いた。電極は Ti を使い、0.55mA を4 時間流し、Polypyrroleを重合した。作製した PPy膜の厚さは約150 μ mであった。

3-2 PPy の動作実験

作製した PPy 膜を幅5mm に切り取り、図3 に示すような動作装置に取り付けた。動作実験の支持電解質は LiTFSI を使い、これと水を混合したものを動作溶液として用いた。また、動作溶液中の水に対して0, 20, 40, 60, 80, 100%の割合で2-プロパノールを混合したものを動作溶液として用いた。

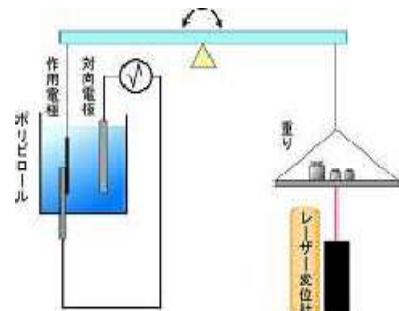


図 3 動作装置

1: 日本大学理工・学部・精密機械工 2: 日本大学理工・院・精密機械工 3. 日本大学・教授・精密機械工

4. 結果・考察

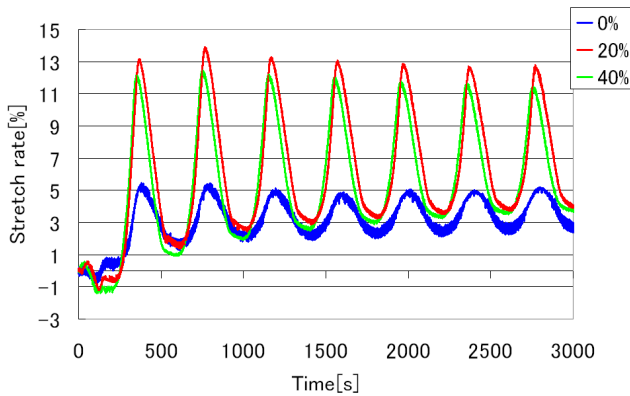


図 4 2-プロパノール濃度0, 20, 40%における伸縮率

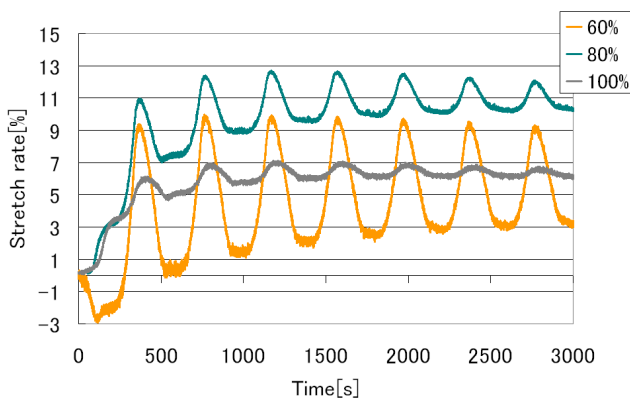


図 5 2-プロパノール濃度60, 80, 100%における伸縮率

図4, 図5に負荷0.3MPa時におけるPPyアクチュエータの動作結果を示す。電圧範囲は-1~+1Vの範囲でスキャン速度は10mV/sで動作を行った。水のみで動かした場合の最大伸縮率は約3.5%程度なのに対して、2-プロパノールを20~40%混合した場合には最大伸縮率が約12%と4倍近い値となっていることが分かる。しかし、2-プロパノールが80%以上では水のみで動作したものに比べ、伸び率、縮み率が共に減少していくことが確認された。

2-プロパノールを混合することによって伸縮率が増加した理由は、表面張力の低下によってドーパントの出入りが円滑に行われたと考えられる。また、2-プロパノールの混合比率80%以上での伸び率の低下は、電解液中のドーパントの量が少なくなったのが原因だと考えられる。縮み率の低下は、電解液中の粘度が上昇したことによりPPy膜内に取り込まれたドーパントが放出されにくくなったことが原因と考えられる。

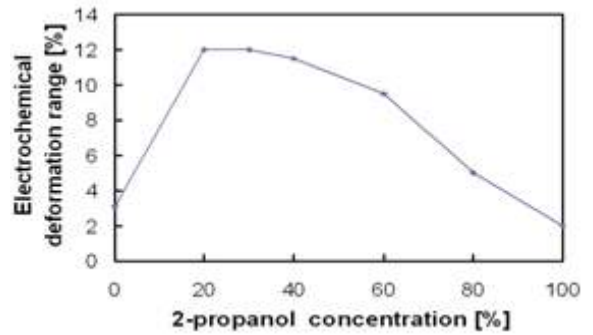


図6 各濃度における伸縮率

図6は図4, 図5の結果から、電解液中での2-プロパノール濃度における伸縮率増加をまとめたものである。これから、電解液中に含める2-プロパノール量は20~40%が最適であると考えられる。

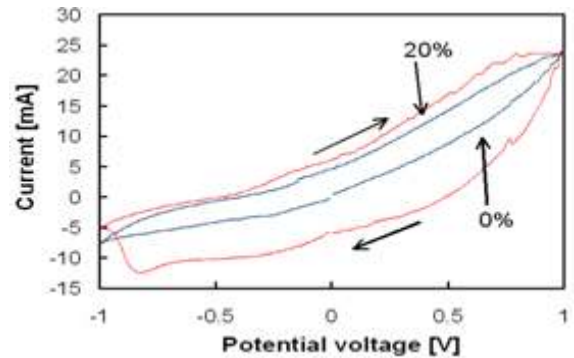


図7 2-プロパノール濃度0, 20%におけるCV

図7のサイクリックボルタモグラム(CV)をみると電流値は0%よりも2-プロパノールが20%のときが最大となっており、それに対してピーク時の電圧は低くなっていることがわかる。つまり液中でのドーパントの移動が活発に行われていると言える。

5. 結論

電解液であるLiTFSI水溶液に2-プロパノールを混合しない場合、3.5%の伸縮が確認された。また、2-プロパノールを20~40%混合することで伸縮率が12%と向上することが確認された。しかし、プロパノール濃度が60%を超えると徐々に伸縮率が低下することが確認された。

6. 参考文献

1) M. Kunifusa, K. Yamato and K. Kaneto, IEICE Technical Report, ED2005-10, SDM2005-10, OME2005-1