

ゴムのように伸びる新しい導電性プラスチックの開発に成功

(300 S/cm の高導電性と 23% の高伸縮性を同時に達成)

[3Pd084] 伸縮性を有する高導電性 PEDOT/PSS フィルム

(山梨大院医工) 李悦忱、堀井辰衛、保坂康介、高木悟史、○奥崎秀典

(Tel & Fax: 055-220-8554、E-mail: okuzaki@yamanashi.ac.jp)

概要: PEDOT/PSS は代表的な導電性高分子であり、プリンタブル有機エレクトロニクス材料としての応用が期待されている。しかし、そのフィルムは伸縮性に乏しく脆弱であるという問題があった。今回、アラビトールのような可塑性を有する糖アルコールの添加により、ゴムのような伸縮性(23%)と高い導電性(300 S/cm)の両方を同時に向上させることに成功した。伸縮性電極としては、これまでカーボンナノチューブ/イオン液体/フッ素ポリマーの複合材料が知られているが、電導度は 50~100 S/cm と低い。これに対し、PEDOT/PSS は絶縁ポリマーが不要なため電導度は3倍以上高く、伸縮性配線や電極として、伸び縮みする有機エレクトロニクスへの利用が可能である。

電子ペーパー、タッチパネル、有機トランジスタ、有機太陽電池など有機プリンタブル・エレクトロニクス素子の作製において、柔軟かつしなやかで伸縮性を有する配線や電極材料の開発が急務である。一方、小型、軽量、柔軟、動作音が無い高分子アクチュエータが人工筋肉材料として注目されているが、フレキシブルな動きに追従できる高導電性・高伸縮性電極はいまだ無い。

代表的な導電性高分子であるポリ(3,4-エチレンジオキシチオフエン)/ポリ(4-スチレンスルホン酸) (PEDOT/PSS) はコロイド分散水溶液として入手することができ、耐熱性や化学的安定性に優れることから、帯電防止剤や固体電解コンデンサ、有機ELの正孔注入材料として現在広く用いられており、透明電極やエレクトロクロミズム、スピーカー、タッチパネルへの応用が期待されている(図1)。しかしながら、PEDOT/PSS そのものは柔軟性に欠け、伸縮性電極として使用することはできなかった。

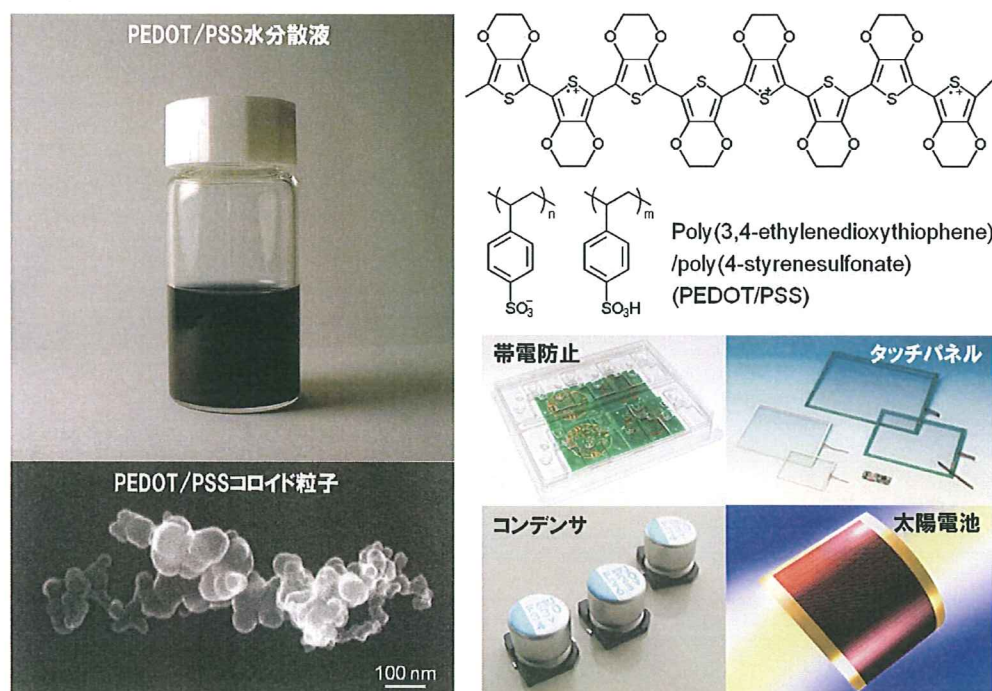


図1 ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフエン)/ポリ(4-スチレンスルホン酸) (PEDOT/PSS) とその応用分野

PEDOT/PSS の固形成分に対してアラビトールを 0～80%添加したフィルムを熱処理したところ、いずれも 60%で電導度が最大になった。そこで、アラビトール 60%添加フィルムをさまざまな条件で熱処理した。80℃以下の低温では 5 時間熱処理しても電導度の向上がみられなかったが、100℃以上では 1 時間でも電導度が急激に上昇した。140℃では 1 時間の熱処理でもフィルムは硬くなったことから、アラビトールが脱離したと考えられる。最適条件である 120℃、2 時間の熱処理により電導度は 300 S/cm に達し、熱処理前(0.4 S/cm)や PEDOT/PSS のみ(1.6 S/cm)に比べ、2～3 桁高いことがわかった(図 2)。

図 3 に示すように、アラビトールを 60%添加しただけでは力学特性の向上は見られなかったのに対し、120℃で 2 時間熱処理することで応力歪曲線は大きく変化した。ヤング率は低下し切断伸びが大きく増加することから、フィルムがより柔らかく変形しやすくなったことがわかる。このときの切断伸びは 23%に達し、PEDOT/PSS フィルムの 2.5 倍に向上した。このように、アラビトール添加と熱処理の組み合わせが、高電導性・高伸縮性 PEDOT/PSS フィルムの作製に重要な役割を果たしていることが明らかになった。

一方、電導度の向上はソルビトール、グリセロール、キシリトールなど他の糖アルコールについても見られたが、グリセロール、キシリトールでは顕著な力学特性の変化は起こらず、アラビトールが PEDOT/PSS の高導電化・高伸縮率化に最も効果的であることがわかった。これは、アラビトールによる①PEDOT/PSS コロイド粒子表面からの PSS 除去による粒子間キャリア移動の向上と、②コロイド粒子間の水素結合を弱める可塑効果の相乗効果に起因すると考えられる(図 4)。

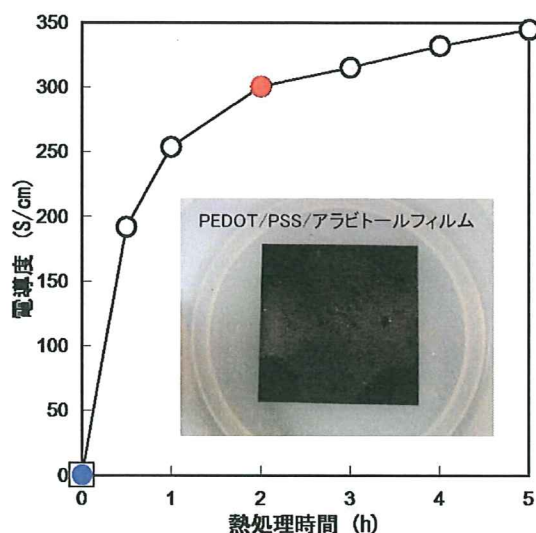


図2 120℃の熱処理によるPEDOT/PSS/アラビトールフィルムの電導度変化(○)と PEDOT/PSSフィルムの電導度(□)

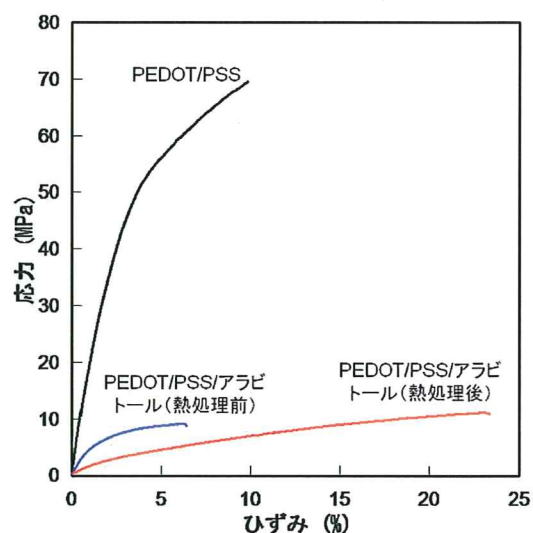


図3 PEDOT/PSSおよびPEDOT/PSS/アラビトールフィルム(熱処理前後)の応力歪曲線

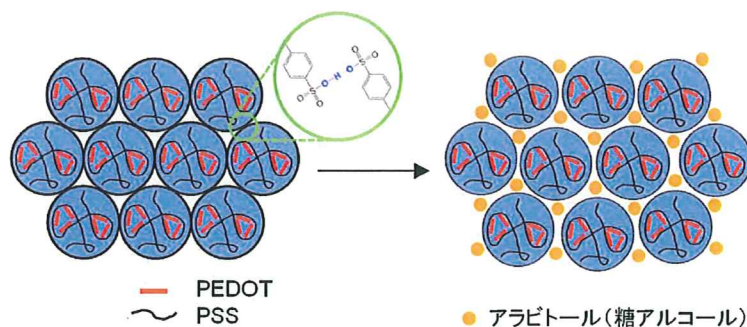


図4 アラビトール添加によるPEDOT/PSSフィルムの電導度向上と伸縮性発現のメカニズム(模式図)

〈適用分野〉 フレキシブル電子ペーパー、有機太陽電池、タッチパネル、有機トランジスタ、アクチュエータ、プリンタブル有機エレクトロニクス