

光パターニング可能なナノファイバーを利用したフレキシブルな透明回路の形成技術の開発

電子デバイス技術課 横山義之

1. 緒言

タブレット PC やスマートフォンに搭載されているタッチパネルには、透明導電シートや透明導電回路パターンが重要な電子素材として使われており、現在は、導電性と透明性を兼ね備えた無機薄膜である酸化インジウムスズ (ITO) 膜が主に用いられている。しかし、ITO 膜の課題として、レアメタルである原料のインジウムのコストが高く供給が不安定であること、無機材料であるため曲げ耐性が低くフレキシブルな電子機器への取り付けが制限されること等がある。特に、フレキシブル性については、今後、身の周りのあらゆるモノがインターネットにつながる IoT (Internet of Things) 社会で求められるフレキシブル・ウェアラブルなセンサ、IC タグ、ディスプレイなどの実現のために必須となることから、ITO 膜に替わる代替材料の開発が強く求められている。

そこで、本研究では、感光性を付与した独自の高分子ナノファイバー (感光性ナノファイバー) を用いることで、ITO 膜に代わるフレキシブルで安価な透明導電パターンの開発に取り組んだ。

2. 実験と結果

ナノファイバーに付与する感光機構としては、溶解阻害型を検討した。はじめに、化学組成の異なる 5 種類の高分子 (ベースポリマー) を合成した (図 1)。それぞれに、光反応性を有する溶解阻害剤を加え、アルコール系の溶媒に溶解した後、エレクトロスピンニングを行い、感光性ナノファイバーを形成した。

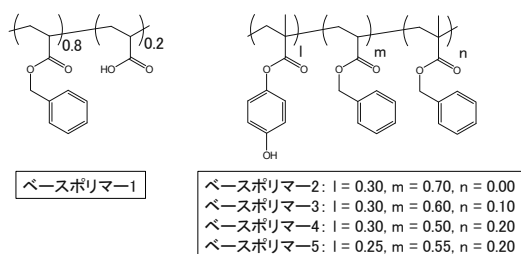


図1 合成した種々のベースポリマーの化学構造

その結果、ベースポリマー5 を用いると、ナノファイバーの直径が $0.2\mu\text{m} \sim 0.7\mu\text{m}$ となり、 $1\mu\text{m}$ よりも細いナノファイバーが形成できること、また、ナノファイバーの熱ダレ温度は、約 90°C で、PET フィルムの耐熱温度 (約 100°C) よりも低い温度で、Al 薄膜に密着させられ

ることがわかった。また、光パターニングを行った結果、 $100\mu\text{m}$ 以下の回路パターンも形成できる良好なパターニング特性を有していることも確認できた。

ベースポリマーの化学組成に加えて、エレクトロスピンニング時の溶液組成についても検討した。エレクトロスピンニング溶液に、適切な紡糸助剤を加えると、感光性や熱特性の性能を低下させることなく、エレクトロスピンニング時の紡糸性能を大幅に向上できることがわかった。その結果、直径 $0.2\mu\text{m} \sim 0.3\mu\text{m}$ のより細く均一なナノファイバーが安定して形成できるようになった (図 2)。

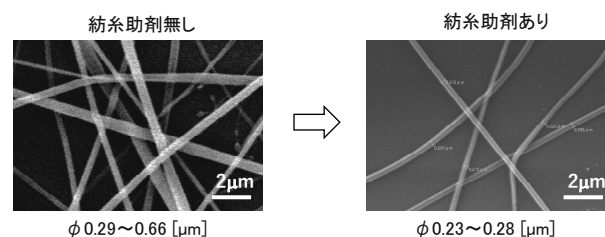


図2 エレクトロスピンニング助剤の効果

最後に、回路状に光パターニングした感光性ナノファイバーをエッチングマスクに用いて、PET フィルム上の Al 薄膜をエッチングし、Al ナノネットワークを形成した。その結果、高さが約 40nm 、幅が約 $500 \sim 900\text{nm}$ の Al ナノワイヤーがネットワーク状につながった透明導電パターンが得られた。網目状の Al ナノワイヤーを伝わり電気が流れ (シート抵抗: $100\Omega/\text{sq.}$) Al ナノワイヤー間の隙間を光が通過することで、背景を透かして見ることができた (可視光透過率: 約 80%)。また、市販の PET フィルム上 ITO パターンよりも、優れた曲げ耐性を有していることも確認できた。

3. 結言

本研究では、感光性を付与したナノファイバーを用いて、PET フィルム上に Al ナノネットワークを形成し、曲げ耐性に優れた透明導電パターンの作製を試みた。その中で、感光性ナノファイバーの化学組成・溶液組成を最適化することで、可視光の波長よりも細いナノファイバーを得ることができた。また、感光性ナノファイバーをエッチングマスクとして用いる Al ナノネットワーク形成プロセスについても最適化することで、目標とする ITO 膜とほぼ同等の光学・電気特性を有するフレキシブルな透明導電パターンを得ることができた。