

フレキシブル透明導電膜評価装置の開発および PET フィルム上に形成した ITO 薄膜の屈曲試験

Development of measurement equipment for flexible conductive films and electrical properties of ITO on PET during bending

佐藤 汰一(電気システム工学科)

Taichi Sato

高機能デバイス研究室 指導教員 相川 慎也 准教授

1. イントロダクション

現在液晶ディスプレイの基板には、ガラスが用いられている。現行のガラス基板ではフレキシブルなデバイスを作製することは難しい。衝撃や屈曲に強い PET を基板として用いることにより、フレキシブルで衝撃に強いディスプレイが可能になる。しかしながら、PET 基板上に成膜した透明導電膜の屈曲時の電気特性の変化が現状明らかではない。本研究では、フレキシブル透明導電膜の電気特性評価装置を開発し、作製した ITO 透明導電膜の屈曲時の電気特性を評価することを目的とする。

2. フレキシブル評価装置の概要

図 1 に作製した屈曲試験機全体の CAD 図面を示す。PET 基板を屈曲させるための駆動部分には電動アクチュエータを用い、0.01mm 単位で位置調整を行えるようにした。また、本実験では屈曲させるためのアクチュエータの押し込み量を 5mm とした。図 2 に屈曲試験機の測定機器接続図を示す。パソコンでアクチュエータを制御しながらデジタルマルチメーターで計測した値を記録できる構成とした。

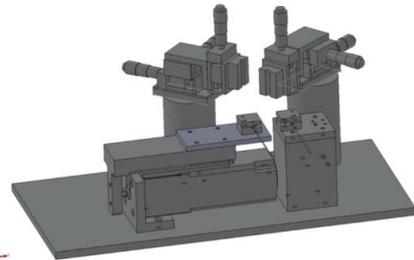


図 1 フレキシブル評価装置の 3D CAD 図面

3. ITO 透明導電膜の成膜最適化

3.1 ガラス基板

最初にアセトン・IPA でガラス基板を超音波洗浄し、基板表面を UV 照射によりクリーニングした。次に電子ビーム蒸着装置を用いて ITO を成膜した。ガラス基板を真空チャンバー内にセットした後、エミッション電流を 22mA、デポレート量を 0.05nm/s で堆積させた。膜厚は 20~100nm の範囲で準備した。その後、四探針法でシート抵抗を、接触式膜厚計で膜厚を、紫外可視分光光度計で透過率を測定した。アニールによるシート抵抗および透過率への影響を調べるため、120~250°C の範囲で大気中でアニールし前後の特性を比較した。

3.2 PET 基板

上記と同様の手順で PET 基板に ITO を成膜した。成膜時基板温度は 100°C および 120°C とし、成膜後 120°C で大気中アニールした。また特性比較のため、同バッチでガラス基板上にも成膜した。フレキシブル評価装置による屈曲時の電気特性評価は、透過率測定の後に行った。PET 基板上では接触式膜厚計による膜厚測定が困難だったため、シリコン基板上に同バッチで成膜した ITO 薄膜の膜厚を測定した。

4. 結果と考察

4.1 ITO 薄膜のシート抵抗・透過率

ガラス基板上に成膜した ITO 薄膜全てにおいて大気中アニールによりシート抵抗値および透過率の大幅な改善が見られた。膜厚 20nm、成膜時基板温度 120°C、大気中 120°C で 120min アニールしたサンプルでは、波長 380~750nm までの平均透過率はアニール前の 46.07% からアニール後には 75.80% へと向上した。シート抵抗値はアニール前の 419.2Ω からアニール後 2 は 94.4Ω に減少した。

PET 基板上に成膜した ITO についても同様に、すべての成膜条件において大気中アニール後にシート抵抗値および透過率に大幅な改善が見られた。膜厚 20nm、成膜時基板温度 120°C、大気中 120°C で 120min アニールしたサンプルでは、ガラス基板と同様、平均透過率は 55.06% から 80.34% へ、シート抵抗値は 2705Ω から 294.4Ω に向上した。

ガラスおよび PET 基板ともに成膜時に基板を加熱した際にシート抵抗値は減少し、透過率は向上した。これは蒸着時に基板が加熱されたことにより、蒸発したターゲットが基板に付きやすくなったと考えられる。また、アニールにより成膜直後と比較してシート抵抗値、透過率ともに改善した。

上記は成膜時に基板を加熱したものの結果だが、室温成膜の場合は全体的にシート抵抗値が上がり、透過率は下がることが分かった。また、膜厚を 100nm とした場合、120°C でアニールを 5 時間行っても透明性が向上しな

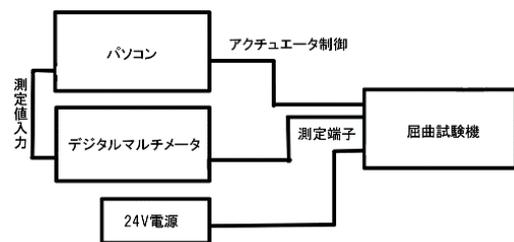


図 2 フレキシブル評価装置と周辺機器との接続図

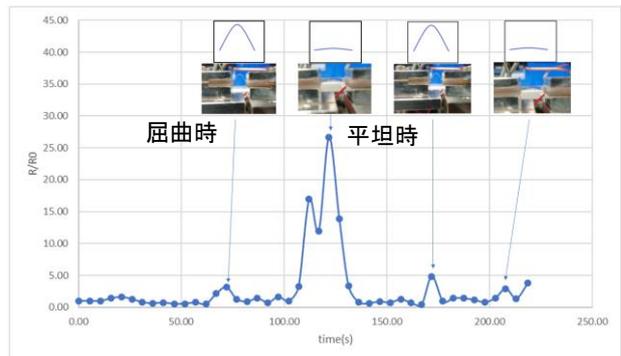


図 3 屈曲形状に対する ITO 薄膜の抵抗変化率

かった。これは膜が厚すぎて表面部分しか酸素と結合しなかったと考えられる。

4.2 屈曲時の ITO の抵抗変化

図 3 に屈曲形状に対する ITO 透明導電膜の抵抗変化率を示す。PET 基板上に成膜した ITO 薄膜の屈曲試験では折り曲げた際に特徴的な抵抗変化を観測した。押し込み完了時から元の状態に戻す際に、急激に抵抗値が上昇していることが分かった。また折り曲げの際に、元の状態より抵抗が低くなっている箇所と抵抗変化がない箇所が見られた。これは折り曲げられることで、元の状態より蒸着した ITO が基板に押し付けられ導電性が上がったと考えられる。2 回目の押し込み動作開始時にほかの箇所より抵抗値が上昇する箇所が見られた。他の試料でも同様の結果となった。

5. まとめ

本研究では PET 基板上に ITO を成膜し透明導電膜を作製し評価を行った。屈曲試験により特徴的な抵抗値の上昇パターンを見ることができた。今後はこのメカニズムを解明し PET 基板だけではなく、他のフレキシブルな基板上に透明導電膜を作製し評価や実際にデバイス作製に展開させる。