

PET 基板上に形成された ITO 透明導電膜のストレス印加時抵抗変化挙動

Resistance changing behavior during tensile compressive strains of ITO transparent thin-film deposited on a PET substrate.

工学院大学 高機能デバイス研究室

村野 海渡

指導教員 相川 慎也

工学院大学 工学部 電気電子工学科 高機能デバイス研究室

キーワード：透明導電膜, フレキシブル, ITO, 形状変化

1. 諸言

現在、半導体技術の発展に伴いフレキシブルデバイスが注目されている。従来の液晶ディスプレイやスマートフォンなどのタッチスクリーンには、ガラス基板が用いられている。ガラスは衝撃に弱く、硬い材料であるためフレキシブルなデバイスには不向きである。そこで、衝撃に強く、軟らかい材料である PET 基板を用いることでフレキシブルなデバイスが実現できると考えられる。従来の透明導電材料として ITO(酸化インジウムスズ)が用いられている。しかし、ITO は形状変化に対し導電特性が変化し、デバイス化したときの性能が左右されてしまう問題がある。そのため、フレキシブル透明導電膜では、形状変化による特性の変化ないものが求められている。そこで、本実験ではまず、ITO の形状変化に対する具体的な特性変化を明らかにするため、ITO 薄膜を成膜した PET 基板に対して外力を加えながら、その特性変化をリアルタイムで測定した。

2. 実験方法

本研究では、市販の ITO 付き PET 基板(膜厚 130[nm]、surface resistivity 60[Ω /sq])を用いて、デジタルマルチメータとアクチュエータを接続した自作屈曲試験機による ITO-PET 基板の折り曲げ動作時の抵抗変化の測定、折り曲げ前後の表面抵抗測定と比較を行った。また、大気アニール処理をし、

同様に折り曲げ時の抵抗変化測定、表面抵抗測定を行い、アニール温度条件の最適化、アニール処理を施していない基板との測定結果の比較を行った。

3. 結果

ITO-PET 基板の折り曲げ測定の結果を図1に示す。図1より、1回目の折り曲げ開始により抵抗値は上がっていき、5mm押し込んで折り曲げた時点で抵抗値が一番高くなっている。その後、折り曲げを戻していくにつれて抵抗値は下がっていき、2回目の折り曲げが始まるとともに再び抵抗値が上昇し、1回目と同様に5mm押し込んだ時点で抵抗が最高値になり、戻しと同時に抵抗値が下がっていることが分かった。

また、この時の表面抵抗測定の結果を表1に示す。表1より、折り曲げ前では基板表面の抵抗はどこをとってもほぼ一定値であったが、折り曲げ後では、基板中央の抵抗が非常に高くなっていることが分かった。

次に、アニール処理温度の最適化の結果を図2に示す。50,70,100,120,140,150,160[$^{\circ}$ C]でアニール処理を行い、折り曲げ測定の結果により、何 $^{\circ}$ Cでアニールを行うか決定した。図2より 120[$^{\circ}$ C]でアニール処理をすることで一番抵抗値が低くなることがわかった。この結果より、アニール温度は120[$^{\circ}$ C]で実験を進める。図2から120[$^{\circ}$ C]アニール処理を施した基板とアニール処理を施していない基板の表面抵抗の測定結果を比較をした。また、120 $^{\circ}$ Cアニール処理を

した基板の表面抵抗測定の結果を表1に示す。図2、表1から、120[°C]でアニールを施すと、全体的な抵抗値が下がり、形状変化に伴う抵抗の変化量も少なくなっていることが分かった。

4. 考察

表1より折り曲げ試験後に ITO-PET 基板の中央部分の抵抗が非常に高くなっている。これは図3のように折り曲げにより ITO 薄膜に断裂が生じていると考えられる。また、図1より1回目の折り曲げよりも2回目の折り曲げ時の抵抗値が高くなっていることが分かる。これも同様に1回目で ITO 薄膜に断裂が生じ抵抗が上昇し、2回目で更に断裂が広がり、1回目よりも抵抗値が高くなっていることが考えられる。

表1、図2より、ある程度以上の温度でアニール処理を施すと、抵抗値が低くなっている。これは、アニールをすることで ITO 薄膜内の構造が変化し、結合がよくなることで表面抵抗が低くなり、形状変化に対しても強くなっていると考えられる。

5. 課題

考察で上げた折り曲げによる ITO の断裂についての確認のため SEM を用いた観察が必要と考えられる。また、本実験では、真空蒸着装置を用いず、市販の ITO-PET 基板を用いて折り曲げ特性等の実験を行った。アニールによる特性変化等は調査したが、膜厚による特性変化の依存性や、サンプルのサイズによる依存性等は実験していない。そのため、今後は、ITO 薄膜の膜厚の変化や、サンプルのサイズの変化を加え、折り曲げ時の特性について研究が重要と考えられる。

6. 結言

フレキシブルデバイスでは、形状変化時の特性変化が少ないものが望まれている。今回の実験では、ITO-PET 基板の折り曲げ時の抵抗変化と折り曲げ前後での基板表面の抵抗測定を行い、特性変化の原因を調査した。今後、この結果をもとに形状変化に対し強い構造や、材料を調査し、より性能の良いフレキシブルデバイスの実現に向けていきたい。

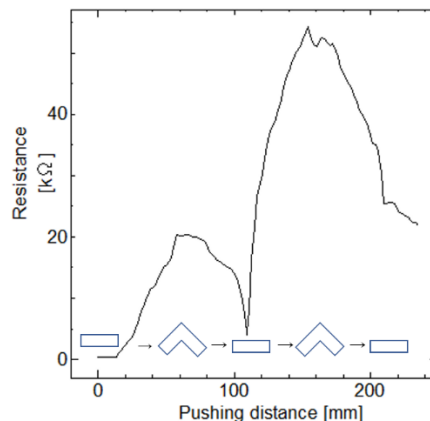


図1 ITO-PET 基板の折り曲げによる抵抗測定と基板変形推移概略図

表1 抵抗測定結果

基板	通常時 抵抗 [Ω/sq]	アニール 処理後 [Ω/sq]	中心部 抵抗 [Ω/sq]	周辺部 抵抗 [Ω/sq]
ITOPET	57.14	—	6.53 × 10 ³	85.47
120°C ITOPET	58.94	45.01	1.14 × 10 ³	42.90

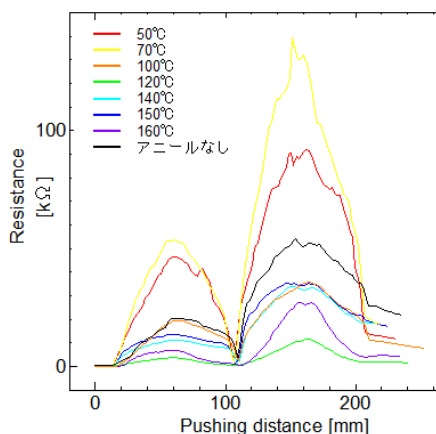


図2 アニール温度による抵抗変化比較



図3 折り曲げによる薄膜断裂概略図