フレキシブルデバイス応用に向けた 酸化物薄膜の繰り返し曲げ耐久性評価

Repeated bending durability characterization of oxide thin films toward flexible device applications

大阪工大 ナノ材研 [1]　○熊谷 敏宏 [1]，大浦 紀頼 [1]，和田 英男 [1]
小山 政俊 [1]，前元 利彦 [1]，佐々 誠彦 [1]

Nanomaterials Microdevices Research Center, Osaka Institute of Technology[1]
○T. Kumatani[1], K. Oura[1], H. Wada[1], M. Koyama[1], T. Maemoto[1], and S. Sasa[1]
E-mail: m1m19314@st.oit.ac.jp, toshihiko.maemoto@oit.ac.jp

【背景と目的】近年，様々な分野でフレキシブルデバイスの応用が期待されており，酸化物材料についてもフレキシブルデバイスに関する研究が盛んに行われている．我々はこれまでフレキシブル基板上に酸化亜鉛（ZnO）薄膜を形成し，曲率半径を変化させたときの曲げ耐性評価[1]やアルミニウムを添加した酸化亜鉛（AZO）の低温形成について研究を行ってきた[2].

今回，フレキシブル基板上にバッファ層，ZnO および AZO 薄膜を形成した様々な異なる積層構造を作製して繰り返し曲げ耐久試験を行い，表面状態の観察とともに抵抗値の変化について詳しく調べたのでそれらの結果について報告する．

【実験と結果】フレキシブル基板として日本ゼオン製シクロオレフィンポリマー（Cyclo Olefin Polymer : COP）を用いた．COP 上に直接 ZnO や AZO 薄膜を形成するとクラックが発生するため，200 nm の SiO_2 をバッファ層として電子ビーム蒸着法により COP 上に形成した．その後，ZnO または AZO を PLD 法により，40 nm を非加熱で成長した．バッファ層，ZnO および AZO 薄膜の形成およびデバイス加工はすべて 100 ℃以下で行った．それぞれの試料を作製した後にマイコン制御による曲げ試験機を用いて，曲率半径 5 mm に設定し，5,000 回までの繰り返し曲げ耐久性について調べた．また，フレキシブル基板の厚さによる耐久性の違いについても調べるために，50 μm，100 μm，188 μm のそれぞれ厚さの異なる COP を使用した．

図 1 に作製した試料の繰り返し曲げ試験の結果を示す．COP の厚さが 188 μm と比較的厚い場合は，SiO_2 バッファ層が形成されることで膜と基板の境界に大きな応力が生じ，繰り返しによって早期に膜にクラックが発生，そして応力が蓄積することで 500 回程度の繰り返しで基板もろとも破断したものと推察される．基板の厚さを薄くするにしたがい，その効果は顕著に低減され, 5,000 回の繰り返しで基板も破断せず, 薄膜にもクラックの発生は全く見られなかった．

次に，50 μm の COP を基板として用い，ZnO 薄膜または AZO 薄膜をチャネル層とした試料の繰り返し曲げ試験を行った際の抵抗値の変化を図 2 に示す．抵抗値の大きな変化や増大は見られなかった．これは ZnO または AZO 薄膜に伸縮性があることに加え，基板から SiO_2 バッファ層への応力が大きく低減したことによるものと考えられる．本研究の遂行にあたり，COP 基板をご提供下さった日本ゼオン（株）赤木四郎様に感謝申し上げます．

【参考文献】[1] 永山他，第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 6a-A203-9(2017). [2] 熊谷他，第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 15a-PA5-4(2020).

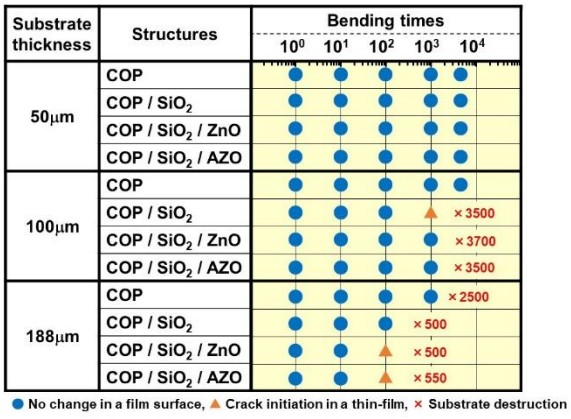

図 1　各積層構造の繰り返し曲げ試験結果.

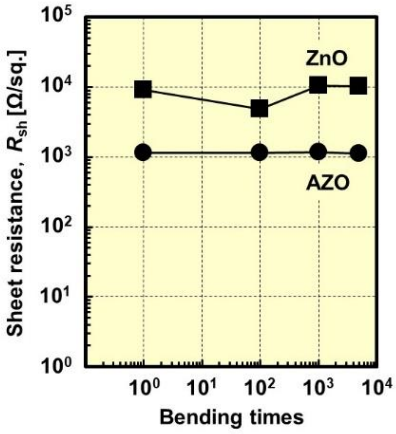

図 2　繰り返し曲げ回数と抵抗値の関係.