

## フレキシブル基板上に形成した酸化物薄膜の 繰り返し曲げ耐久性評価と X 線回折による構造解析

Repeated bending durability characterization of oxide thin films formed on flexible substrates and structural analysis by X-ray diffraction measurements

大阪工業大学 ナノ材料マイクロデバイス研究センター

○大浦 紀頼, 熊谷 敏宏, 和田 英男, 小山 政俊, 前元 利彦, 佐々 誠彦

Nanomaterials Microdevices Research Center, Osaka Institute of Technology

○Kazuyori Oura, Toshihiro Kumatani, Hideo Wada

Masatoshi Koyama, Toshihiko Maemoto, and Shigehiko Sasa

E-mail: d1d19301@st.oit.ac.jp, toshihiko.maemoto@oit.ac.jp

**【背景と目的】** IoT 社会の実現に向けて様々な分野での応用が期待されているフレキシブルデバイスの研究が盛んに行われている. 特に, 酸化物半導体を用いることで a-Si や有機半導体に比べ高い電子移動度や透過性などで有利であり, 室温で成膜することも可能である[1]. 我々は, 酸化物半導体の中でも ZnO に注目し, Al を添加した ZnO (AZO) を用い, 繰り返し曲げた際の表面状態の観察や 2 端子抵抗測定を行い, 曲げ耐久性を評価した[2]. 今回, 繰り返し曲げた際の薄膜の状態を微小角入射 X 線回折 (GI-XRD) により構造解析を行ったので, そ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 基板の厚さは 188  $\mu\text{m}$ , 50  $\mu\text{m}$  をそれぞれ用意した. まず, COP 基板上に電子ビーム蒸着法を用いて  $\text{SiO}_2$  をバッファ層として 200 nm 形成した. 次に, パルスレーザー堆積法を用いて ZnO と AZO (Al: 2 wt%) を基板非加熱でそれぞれ 40 nm ずつ形成した. その後, 2 端子抵抗測定のために Ti/Au 電極 50/50 nm を形成した. それぞれの試料を作製した後, 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試験を行った. 図 1 に作製した試料の繰り返し曲げ試験によるリアルタイム 2 端子抵抗測定の結果を示す. 基板厚さが 188  $\mu\text{m}$  では, 曲げた直後に抵抗が大きく増加し, 500 回曲げることで基板は破断した. 一方で, 基板厚さが 50  $\mu\text{m}$  では 5,000 回曲げても抵抗変化がほとんど見られず, 膜および基板が破断した様子も見られなかった. 基板厚さが薄くなると曲げた際に薄膜にかかる応力が小さくなり, 基板および薄膜にクラックが発生せず, 抵抗変化も観測されなかったと考えられる. 図 2 に一定数の繰り返し曲げ試験後の薄膜の GI-XRD 測定の結果を示す. COP 基板上 ZnO は曲げる前から微結晶化しており, 100 回曲げても大きな変化は見られなかった. 一方, AZO では曲げる前ではアモルファスな状態であったが, 基板の厚さに関わらず 100 回以上曲げることで, ZnO(100) や ZnO(002) からの回折ピーク強度がわずかに大きくなり, 結晶化する傾向を示した. 繰り返し基板を曲げた際の応力により微結晶化が進行したと推察される. 当日は, 共焦点顕微鏡による表面観察やナノインデンテーション法による薄膜の硬さ測定の結果と併せて報告する.

[1] L. Petti et. al., Applied Physics Reviews 3, 021303 (2016).

[2] 熊谷他, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, 10a-Z20-10 (2020).

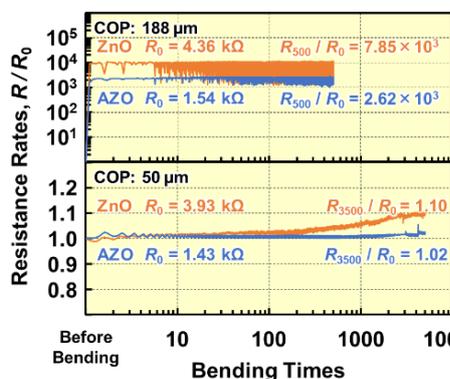


図 1 COP 基板上 ZnO および AZO 薄膜のリアルタイム抵抗測定結果.

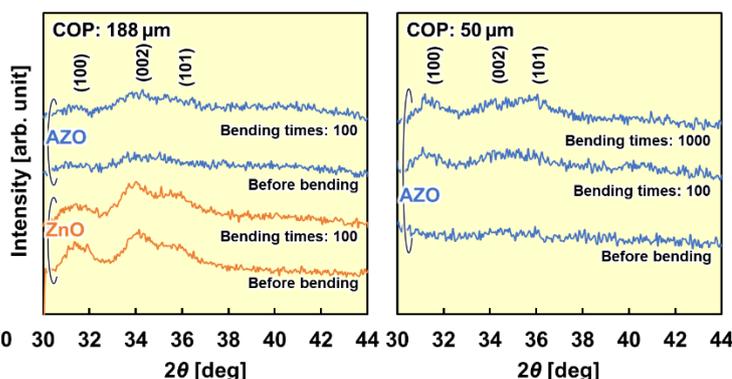


図 2 COP 基板上 ZnO および AZO 薄膜の GI-XRD 測定結果.