# 透明フレキシブルレクテナに向けた B 添加 In2O3 透明フレキシブル導電膜の特性調査

Investigation of B-doped In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> transparent flexible conductive films for transparent flexible rectennas

## 矢崎 結也(電気電子工学科)

# Yuya Yasaki

高機能デバイス研究室 指導教員 相川 慎也 教授

# 1. 緒言

今日では, IoT ネットワークの構成が求められている. その自律 性と環境への統合を実現するには, ハードウェアにおいてエネル ギーの自立性を保証する必要がある[1]. そこで, 消費電力の少 ないセンサーネットワークに対して, 周囲の未利用電磁波エネル ギーをレクテナを用いてハーベスティングする技術が注目されて いる[2,3]. エネルギーハーベスティングに用いられるアンテナは, 都市環境へ簡単に統合できることが求められるため, 透明かつフ レキシブルであることが望ましい[4,5].

Taha らは、銅を用いたフレキシブルレクテナを報告している[6]. しかし銅は不透明な材料である. Potti らは、フッ素ドープ導電性 酸化物(FTO)を用いて光学的に透明なレクテナを報告した. しか し機械的な物性調査は行われておらず、フレキシブル性を持たな い可能性がある[7]. このように、フレキシブルでかつ透明な材料 を用いたレクテナはこれまでに作製されていない.

そこで本研究では、当研究室で開発したフレキシブルかつ透明 な導電酸化物である B-doped In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(IBO)を、最適なフレキシブル 性でかつ透過性にてレクテナに活用するために、膜厚や成膜圧 力による特性変化の調査を目的とした。

#### 2. 実験方法

ポリイミド基板と石英基板を蒸留水に浸し 10 分間超音波洗浄 をかけた.洗浄後, RF マグネトロンスパッタリング装置を用いて, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ターゲット上に Boron 粒(純度 99.999%)を一個置き, Ar ガ スを用いて IBO の成膜を行った. 膜厚は 30 nm, 90 nm, 150 nm にて物性変化を調査した. フレキシブル性については, 曲げ半径 2 mm にて 1000 回の屈曲を行い, 抵抗変化率を調査した. 光学的 特性の評価は紫外可視分光光度計(UV-Vis)を用いて, 波長は 200 nm から 1100 nm にて透過率を調査した. また, 結晶性は X 線回折装置(XRD)にて評価した.

#### 3. 実験結果および考察

本要旨では, IBO の透過率およびフレキシブル性の膜厚依存 性を示す.

屈曲による抵抗変化の膜厚依存性を Fig. 1 に示し, Table 1 に 抵抗値を示す. Fig. 1 より, 90 nm での抵抗変化が最も低く, 150 nm では大きく抵抗が変化していることが分かる. 30 nm のサンプ ルも, 抵抗変化率が 0.1 未満と低く抑えられていることが分かる. また, 90 nm での抵抗値は屈曲前後で 66 Ω であった.

UV-Vis による透過率の膜厚依存性を Fig. 2 に示し,可視光平 均透過率を Table 2 に示す. Fig. 2 より, 膜厚が増加することで, 透過率のピーク位置が長波長側にシフトし, ピーク幅は広くなっ た. Table 2 より, 膜厚 165 nm ではピーク幅が広くなったことによ り,可視光平均透過率が高くなったと考えられる.

Fig. 3 に XRD の結果を示す. 膜厚が厚くなるほど結晶性が高 くなっていることが分かる. Fig. 1 および 3 より, 結晶化した膜に生 じるクラックが抵抗変化に寄与していると考えられる.

#### 4. 結論

フレキシブル透明レクテナへの応用を目的に、フレキシブル透明導電膜IBOの特性を調査した.結果として、本要旨では膜厚依存性のみ示した.フレキシブル性が高く抵抗値が低い膜厚は90 nm であることがわかった.可視光透過性に関しては、膜厚による



Table 1. 屈曲前後の抵抗変化

膜厚 d [nm]	屈曲前抵抗值 R <sub>0</sub> [Ω]	屈曲後抵抗值 <b>R</b> [Ω]
30	247.2	261.7
90	66.53	66.91
150	91.78	161.3



Fig. 3. 結晶性の膜厚依存性

ー定な透過率の変遷確認できなかった.これらのことから,膜厚 90 nmの IBO をフレキシブル透明レクテナへ利用することが期待 できる.今後は IBO を用いてアンテナを設計し,特性を評価する ことに取り組んでいく.

## 5. 参考文献

[1] H. Zhang *et al.*, IEEE Microwave Wireless Compon. Lett., vol. 29, pp. 291-293 (2019).

[2] M. A. Halimi *et al.*, IEEE Antennas Propag. Mag., vol. 66, pp. 34-35 (2023).

[3] B. Naresh *et al.*, Int. J. Microwave Wireless Technolog., vol. 13, pp. 46-57 (2020).

[4] A. S. M. Sayem., *et al.*, IEEE Open J Antennas Propag, vol. 3, pp. 1109-1133(2022).

[5] S. Jeong *et al.*, IEEE Trans. Compon. Packag. Manuf. Technol., vol. 12, pp. 1748 – 1756 (2022).

[6] A. Taha et al., IET Nanodielectr., vol. 3, pp. 88-93 (2020).

[7] P. Devisowjanya *et al.*, Int. J. Microwave Wireless Technolog., vol. 14, pp. 1081-1085 (2022).