

透明アンテナ用 ITO 導電膜のシート抵抗と放射効率の膜厚依存性

Sheet Resistance and Radiation Efficiency of ITO Conductive Film

for Transparent Antenna against Film Thickness

東京工芸大院¹, °山田 友里¹, 越地 福朗¹, 安田 洋司¹, 山田 勝実¹, 内田 孝幸¹

Tokyo Polytechnic Univ.¹, °Yuri YAMADA¹, Fukuro KOSHIJI¹,

Yoji YASUDA¹, Katsumi YAMADA¹, Takayuki UCHIDA¹

E-mail: m2165013@st.t-kougei.ac.jp

1. はじめに

近年, Internet of Things (IoT)や, 第5世代移動通信システム(5G)に関する研究開発が進められている[1]. 5Gでは通信特性向上のために, アレーアンテナが用いられ, 多数のアンテナが利用される. そのため, 機器やシステムのデザイン性を損なわないように, 光学的透明性と電気的特性を両立する透明導電膜を利用する透明アンテナが検討されている[2]. しかしながら, 透明導電膜の膜厚に対する放射効率などのアンテナ性能に関する検討はほとんどなされていない. 本研究では, 放射素子に用いる Indium Tin Oxide (ITO) 透明導電膜のシート抵抗とアンテナ放射効率の膜厚依存性を検討する.

2. ITO 透明導電膜の成膜

ITO 膜は, 対向ターゲット式スパッタ装置を用いて, 25 mm×25 mm×0.7 mm の無アルカリガラス基板上に 400~2000 nm に堆積した. 基板温度は室温, スパッタガス圧は 4 mTorr で, Ar ガス流量 20 sccm, Ar + 10%O₂ ガス流量 6 sccm をマスフローコントローラで制御し堆積槽に導入し堆積した. スパッタ電流は 500 mA 一定であり, 堆積速度は 80 nm/min であった.

3. シート抵抗

Fig. 1 は, 成膜した ITO 膜のシート抵抗を Van der Pauw 法によって測定した結果である. 同図からわかるとおり, 400 nm において 26.0 Ω/sq であったシート抵抗は, 膜厚の増加にともない低減され, 2000 nm では 8.82 Ω/sq となる.

4. 透過率

Fig. 2 は, 膜厚 400 nm, 2000 nm にそれぞれ成膜した ITO 膜の 300 nm~900 nm における光学的透過率を示したものである. 同図からわかるとおり, 膜厚の増加にともない透過率が低下する. 特に, 400 nm~600 nm の短波長側で低下が顕著であることがわかる.

5. 放射効率

Table 1 は, Fig. 1 で得られたシート抵抗の ITO 膜を用いたモノポールアンテナの放射効率を有限要素法による電磁界解析によって計算したものである. 膜厚が 400 nm では放射効率 39.95 %, 膜厚 2000 nm の場合では 63.97 % が得られ, 膜厚の増加によって 24.02 % の向上が確認された.

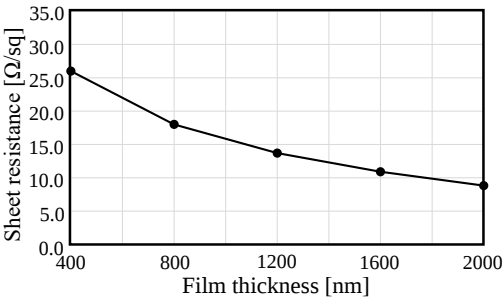


Fig. 1 Sheet resistance

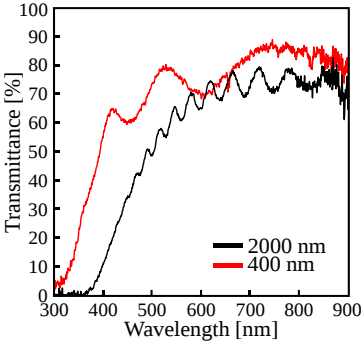


Fig. 2 Optical transmittance

Table 1 Radiation efficiency

Film thickness [nm]	Radiation efficiency [%]
400	39.95
2000	63.97

6. まとめ

本研究では, ITO 透明導電膜を用いたアンテナにおける, シート抵抗, およびアンテナ放射効率の膜厚依存性を検討した. その結果, 膜厚の増加にともないシート抵抗は低減され, 2000 nm では 8.82 Ω/sq が得られた. このとき, アンテナ放射効率は, 63.97 %であり, 良好な放射効率を得られることが確認された.

参考文献

[1] Jeffrey G. Andrews, et al., “What Will 5G Be?”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 32, No. 6, pp.1065-1082, June 2014.

[2] Yong Niu, et al., “A survey of millimeter wave communications (mmWave) for 5G: opportunities and challenges”, Wireless Networks, Volume 21, Issue 8, pp 2657-2676, November 2015.