

# 外観デザインと調和する超広帯域透明アンテナ

## Ultra-Wideband Transparent Antennas Matching with Surrounding Appearance and Design

越地 福朗, 齋藤 優花, 安田 洋司, 小林 信一, 山田 勝実, 内田 孝幸

**Fukuro Koshiji, Yuka Saito, Yoji Yasuda, Shin-ichi Kobayashi, Katsumi Yamada and Takayuki Uchida**

東京工芸大学、243-0297 神奈川県厚木市飯山南5-45-1

### 概要

近年, Internet of Things(IoT)や, 第5, 第6世代移動通信システム(5G, 6G)に関する研究開発が進められており, 機器やシステムのデザイン性を損なわないように実装可能な光学的に透明なアンテナが望まれている. 著者らは, Indium Tin Oxide (ITO)透明導電膜によって形成し, 可視光透過率とアンテナ放射効率を両立するモノポールアンテナを実現している. 本研究では, 広帯域な特性を有することで知られるUWB用広帯域半円台形不平衡ダイポールアンテナを透明導電膜で構成する検討を行った. その結果, 従来サイズの82%の小型サイズでありながら, UWB帯域を含む3 GHz以上の周波数帯で動作する, 広帯域特性と小型サイズを両立するアンテナを得た.

### 1. はじめに

近年, スマートシティの実現に向けて, Internet of Things(IoT)や, 第5, 第6世代移動通信システム(5G, 6G)に関する研究開発が進められている. これらの通信システムにおいては, 通信特性向上のために, アレーアンテナが利用されている. また, アンテナの放射特性を確保する観点から, アンテナ設置場所は機器筐体内部よりも筐体表面が望まれている. こうした背景から, 機器やシステムのデザイン性を損なわないように, 光学的に透明なアンテナが望まれている.

著者らは, これまでにガラス基板上に膜厚300 nmのIndium Tin Oxide (ITO)透明導電膜を形成し, 81%以上の可視光透過率と68%以上のアンテナ放射効率を有するモノポールアンテナを実現している[1]. また, 著者らは, Ultra-wideband (UWB)通信システムで利用する3.1~10.6 GHzの帯域をカバーする広帯域アンテナとして半円形と台形の放射素子を組み合わせ, 半円台形不平衡ダイポールアンテナを実現しており[2], このアンテナの透明化が望まれるものの, これまでに広帯域な特性を有する透明アンテナの検討はほとんどされていない.

本研究では, 放射素子をITO透明導電膜によって形成するUWB用広帯域半円台形不平衡ダイポールアンテナの実現可能性について検討し, 試作アンテナによって特性確認を行う.

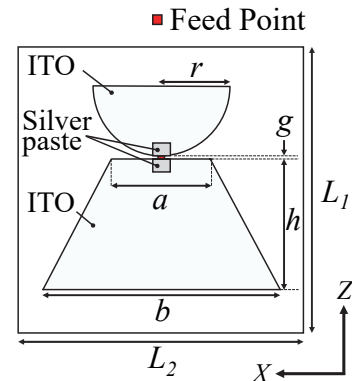


Fig. 1 Antenna configurations

Table 1 Dimensions of antenna

Parameters [mm]	Original Values	Optimized Values
$r$	11	9.02
$a$	16	13.12
$b$	38	31.16
$h$	21	17.22
$g$	0.5	0.82
$L_1$	40	32.8
$L_2$	40	32.8

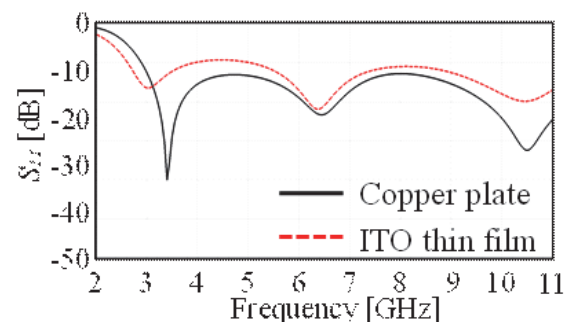


Fig. 2  $S_{11}$  characteristics

## 2. アンテナの構造

図1は、本稿で検討する半円台形不平衡ダイポールアンテナの構成を示したものである。表1のOriginal Valuesに、アンテナ各部の寸法を示す。厚さ0.7 mmのガラス基板上（比誘電率 $\epsilon_r=5.5$ ）に半円形、および台形の放射素子を形成する。放射素子に用いる透明導電膜は、光学的透過率80%以上を有するITO薄膜を想定しており、膜厚300 nm、導電率 $5.6 \times 10^5$  S/mの放射素子を形成したアンテナをモデル化し、それらの放射素子間（給電点）を50  $\Omega$ の内部インピーダンスを有する励振源にて給電する。発表者には下線を引く。

## 3. アンテナの基本特性

図2は、図1に示すアンテナの反射特性 $S_{11}$ を示したものである。同図には、比較のために導体板で同じ寸法で形成した反射特性 $S_{11}$ もあわせて示す。同図より、ITO薄膜で形成したアンテナの反射特性 $S_{11}$ は、導体板で形成したアンテナの特性と比較して低域側にシフトし、反射特性 $S_{11}$ も悪化している。しかしながら、両者の反射特性 $S_{11}$ は、3つの共振が得られるなど類似した共振特性となっており、放射素子形状を変更によって、小型化と特性改善を両立が期待できる。

## 4. 試作アンテナ

図3は、UWB帯域である3.1~10.6 GHzにおいて、 $S_{11} \leq -10$  dBとなるように、アンテナ各部の寸法を最適化し、試作したアンテナの写真である。このときのアンテナ各部の寸法は、表1のOptimized Valuesに示す。図4は、図3に示すアンテナの反射特性 $S_{11}$ を示している。同図からわかるとおり、得られたアンテナの $S_{11}$ 特性は、UWB帯域を含む3 GHz以上の周波数帯で、 $S_{11} \leq -10$  dBとなっており、UWB帯域を含む周波数帯での良好な動作が確認できる。また、アンテナサイズも従来サイズの82%へと小型化されており、小型形状とUWB周波数帯をカバーする広帯域特性を両立している。

## 5. まとめ

本研究では、ITO透明導電膜によって形成するUWB用半円台形不平衡ダイポールアンテナについて検討を行った。その結果、従来サイズの82%の小型サイズでありながら、UWB帯域を含む3 GHz以上の周波数帯で、 $S_{11} \leq -10$  dBが得られ、UWB帯域を含む広帯域特性と小型サイズを両立するアンテナが得られることを確認した。



Fig. 3 A picture of prototyped antenna

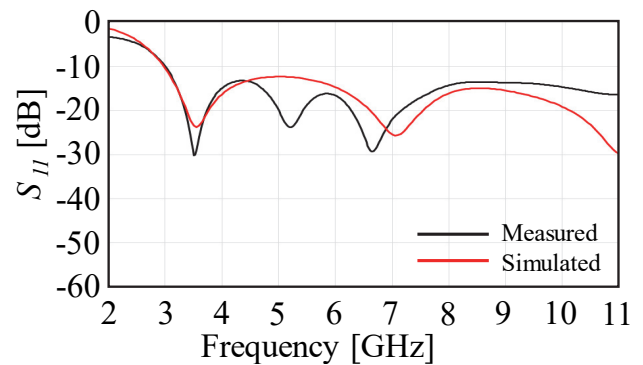


Fig. 4  $S_{11}$  characteristics

## 参考文献

- [1] F. Koshiji, et al., "Transparent antenna with high radiation efficiency and high optical transmittance using dielectric-metal-dielectric composite materials based on ITO/Ag/ITO multilayer film", Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol.15, pp. E22-001-1-7, July 2022.
- [2] 越地福朗, 他, "UWB用半円台形不平衡ダイポールアンテナの提案と検討", エレクトロニクス実装学会誌, Vol.10, No.3, pp.200-pp.210, May 2007.
- [3] 齋藤優花, 山田友里, 越地福朗, 鈴木美里, 安田洋司, 山田勝実, 内田孝幸, "ITO 透明導電膜で形成する広帯域アンテナの検討", 第37回エレクトロニクス実装学会春季講演大会講演論文集, pp.90-91, March 2023.