

M-8

負の誘電率を有する物質装荷によるモノポールアンテナ小形化の実験的検討 An Experimental Study on Miniaturization of Monopole Antenna by Loading Negative Permittivity Material

○内山田¹, 三枝健二²*Raku Uchiyamada¹, Kenji Saegusa²

Abstract: In recent years wireless devices are often small for mobility. Therefore, it is necessary to miniaturize the antenna used for the wireless device. The miniaturization of monopole antenna by loading negative permittivity material on the element is studied. In this paper, the antenna characteristics are investigated experimentally.

1. まえがき

現在、複数周波数に対応した無線機の需要が高まっている。また、無線機は携帯しやすいよう小形化が要求されている。以上から、内蔵されるアンテナは広帯域かつ小形であることが求められる。

アンテナを小形化する方法はいくつか存在するが^[1]、本研究では負の誘電率を有する物質を用いることでアンテナの小形化を検討する。検討材料であるCuPPSは、銅(Cu)とポリフェニレンサルファイド樹脂(PPS)を混合したものである。先行研究では、ダイポールアンテナにCuPPSを被覆した形状を提案し、CuPPSの外径と内径の寸法と比誘電率の変更による小形化の可能性について解析的検討を行った^[2]、^[3]。そして本アンテナの実現を目指し、これら解析的検討に対して実験的検討を行う。本稿では、実際に製作したCuPPSを用いてモノポールアンテナの小形化について検討する。4種類の混合比が異なるCuPPSを装荷し、その装荷高さをパラメータとして実験を行った。使用したCuPPSの含有率はCu10PPS90、Cu18PPS82、Cu22PPS78、Cu30PPS70である。CuとPPSの後に記載されている数値がそれぞれの含有率を示している。

2. アンテナの寸法

図1にアンテナの寸法を示す。アンテナは共振周波数が20GHzであるモノポールアンテナを使用する。アンテナエレメントの直径1.2mm、長さ3.0mm、GND板は正方形で一辺200mmである。CuPPSは円筒形状であり、中心に円筒の穴を設けている。CuPPSの直径は7.0mm、穴の直径は1.5mmである。その穴にエレメントを挿入するようにCuPPSを装荷する。その際、アンテナに直接CuPPSが触れないように直径0.15mm程度の糸をアンテナに巻いている。そして、CuPPSを含めたアンテナの高さを h とし、それを変化させて実験を行うこととする。

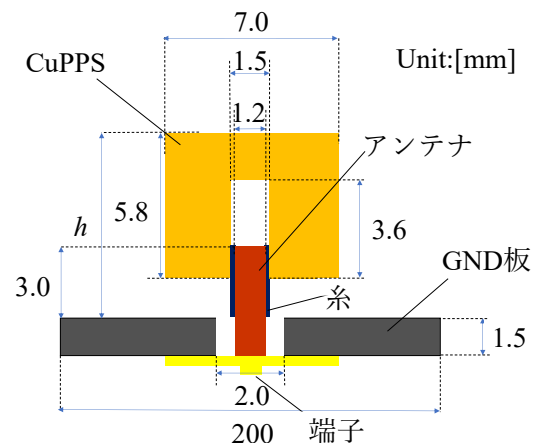


図1 アンテナの寸法

3. CuPPSの比誘電率

CuPPSはCuとPPSの含有率で誘電率が変化する。図2に含有率がCu30PPS70のときの比誘電率特性を示す^[4]。縦軸は比誘電率、横軸は周波数を表している。赤線が虚数部を表し、黒線は実数部を表す。図2からCuPPSの比誘電率が実数部において負の値をとることが確認される。

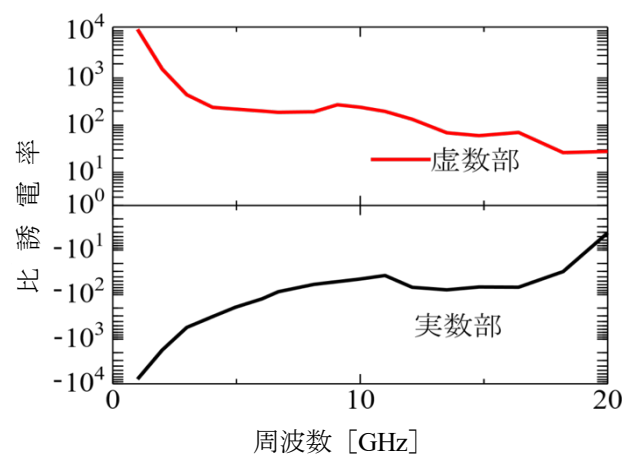


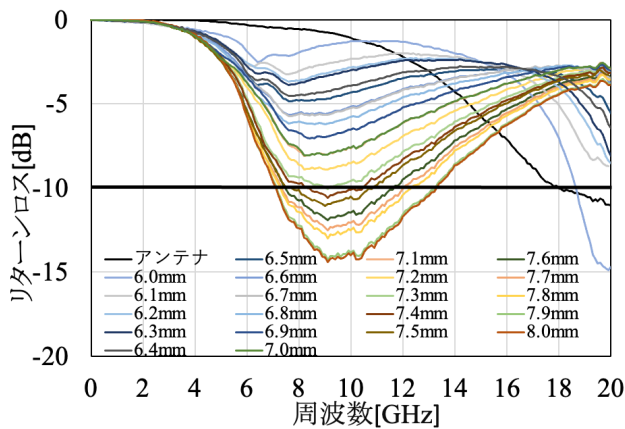
図2 CuPPSの比誘電率特性

4. h 変化に対するリターンロス特性

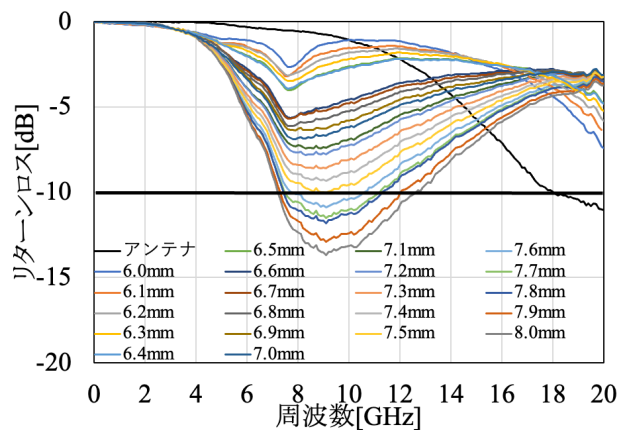
図3に例として Cu22PPS78 と Cu30PPS70 の h 変化に対するリターンロス特性を示す. 計測にはネットワークアナライザを使用した. 実用上の観点からリターンロスが-10dB 以下となれば整合は取れていると考え, 使用最低周波数は-10dB を下回る点で決定する.

計測結果から h が増すにつれてリターンロスが低下するが, リターンロスが最低値を示す周波数が高域に移動することが分かる. 前者の理由として, CuPPS の位置を変えたことでアンテナの露出面積が広くなり電波を放射しやすくなったためであると考えられる.

計測結果より PPS の含有率が高い方がリターンロスは低下していた. これは, PPS の含有率が高いほど, モノポールアンテナ単体のリアクタンスを物質の装荷による効果がより打ち消すためであると考えられる. しかし, リターンロスが-10dB を下回る最低周波数が最も低かったのは Cu22PPS78, h=8.0mm のときで 7.1GHz であった. これは, リターンロス低下が装荷物質の誘電率特性に加えて, 装荷位置にも依存するためであると考えられる.



(a) Cu22PPS78 のリターンロス特性



(b) Cu30PPS70 のリターンロス特性

図3 周波数-リターンロス特性

5. アンテナの高さと短縮率について

アンテナの小形化については, 短縮率を見る必要がある. 図4に h を変化させたときの短縮率を示す. 短縮率は使用最低周波数の 1/4 波長に対してアンテナの全長 h が何%分になるかを表している. 図4より最も短縮率の値が良かった結果は Cu22PPS78 で h=7.6mm のとき 75%程度であった. 先行研究^[3]より寸法を最適化することで更なる小形化が可能であると考えられ, 今後の課題とする.

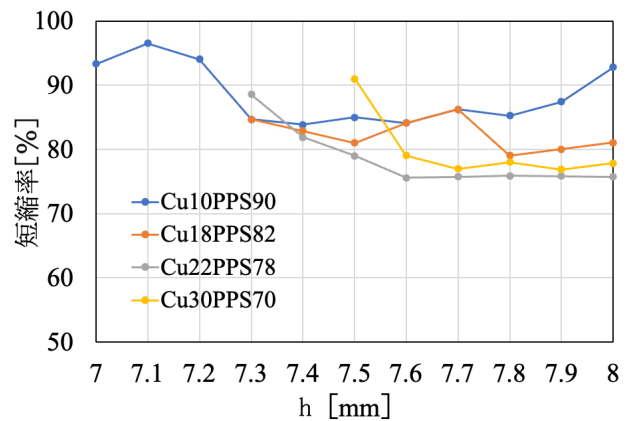


図4 高さを変化させたときの短縮率

6. まとめ

CuPPS の装荷位置を変化させリターンロスを計測した結果, 位置が高いほどリターンロスが低下する. しかし, このときリターンロスが最低値を示す周波数が高域化することが分かった.

計測結果から PPS の割合が多いほどリターンロスが低下していた. また, 短縮率が最も低かったのは Cu22PPS78, h=7.6mm のとき 7.4GHz であった. そのときの短縮率を計算した結果 75%であった.

参考文献

[1] 藤本京平, 伊藤公一, “小形アンテナハンドブック”, 共立出版, 2017
 [2] 申仕博, 三枝健二, “負の誘電率を有する物質被覆によるダイポールアンテナの小形化の検討”, 第 63 回 日本大学理工学部学術講演会, M-14
 [3] 申仕博, 三枝健二, “負の誘電率を有する物質被覆によるダイポールアンテナの小形化及び特性の検討”, 第 65 回 日本大学理工学部学術講演会, M-10
 [4] ビーソティア, 三枝健二, 柴田国明, “負の誘電率を有する物質装荷によるアンテナの小形化の検討”, 第 58 回 日本大学理工学部学術講演会, M-10