

M-11

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

A Study on Miniaturization and Characteristics of Dipole Antenna by Covering Material with Negative Dielectric Constant

○申仕博¹, 三枝健二²

*Shibo Shen¹, Kenji Saegusa²

Abstract: In recent years wireless devices are often small in size for mobility. Therefore, it is necessary to miniaturize the antenna used for the wireless device. The miniaturization of dipole antenna by covered material object with negative permittivity on the element of dipole antenna is studied. In this paper, the axial thickness and relative permittivity of the material are changed. Then the antenna characteristics are investigated.

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、部品実装スペースが限定される。以上から、内蔵されるアンテナは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。検討材料の CuPPS は、銅(Cu)とポリフェニレンサルファイド(PPS)樹脂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の両端に CuPPS を装荷した形状で、寸法について小形化かつ特性の改善の両面から最適化を行ってきた^[2]。これに対して、単純な形状での小形化を考え、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検討を行った^[3]。本稿では、更なる小形化を目的とし、被覆形状はそのままアンテナ軸方向の CuPPS の厚み及び比誘電率の変更を行い、その特性について検討する。

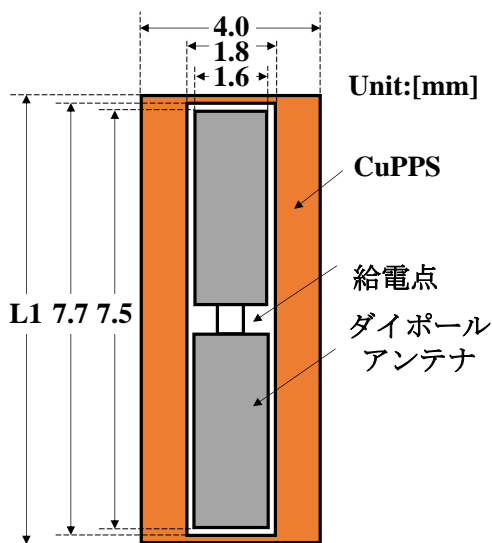


図1 提案アンテナの寸法

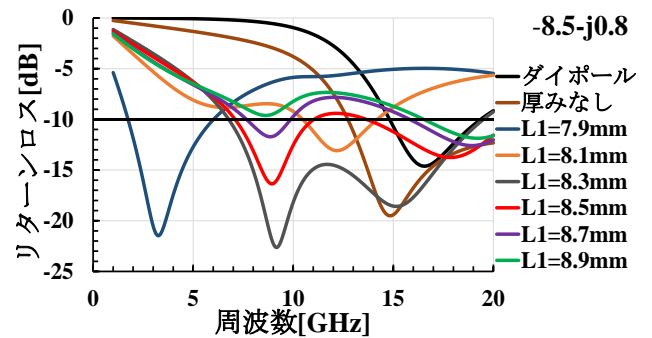


図2 厚みを変化させたときのリターンロスの変化

2. 提案アンテナ

図1に提案アンテナの寸法を示す。アンテナは20GHzの半波長ダイポールアンテナを用いる。CuPPSでダイポールアンテナを被覆し、寸法は外径は4.0mm、内径は1.8mmで軸方向の外寸をL1、内寸を7.7mmとする。図に示すように、ダイポールアンテナとCuPPSの間には0.1mmの空隙を設けている。

3. 厚みの変化によるリターンロス特性

図2にアンテナ軸方向のCuPPSの厚みを変化させたときのリターンロス特性を示す。解析には有限要素法を用い、本章では先の研究^[3]において検討で使用した比誘電率 $-8.5-j0.8$ を用いた。なお、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、使用最低周波数はリターンロスが -10dB となる点で決定する。

図2から厚み 0.3mm ($L1=8.3\text{mm}$)のときを除いて、厚みが増すにつれてリターンロスが大きくなっている。原因として、厚みが増すことにより放射がしにくくなったためであると考えられる。また、厚み 0.3mm ($L1=8.3\text{mm}$)のときはアンテナとCuPPSの間で反射し共振が起きたことにより、リターンロスが小さくなったと考えられる。厚みなし($L1=7.7\text{mm}$)のときはアンテナ軸方向の被覆が無い状態であり、ダイポールと

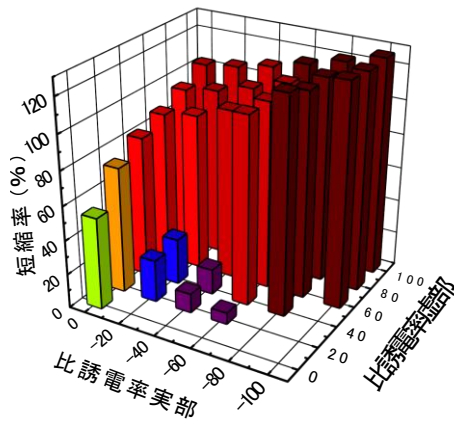
1: 日大理工・院(前)・電子 2: 日大理工・教員・電子

比較してリターンロスは小さくなったが、使用最低周波数が他の厚みと比較して高域となった。使用最低周波数が低いほどその波長に対してアンテナは小形であると言えることから、厚み 0.1mm(L1=7.9mm)のときに最も小形化する寸法であることが分かった。

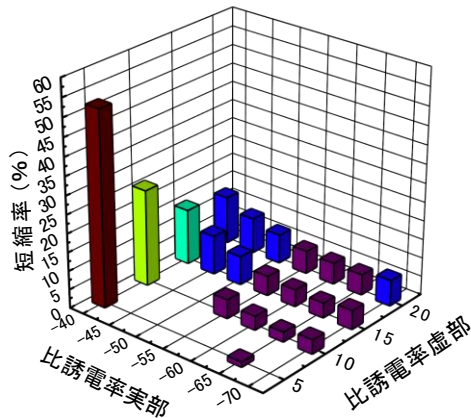
4. 比誘電率と短縮率について

第3章において比誘電率-8.5-j0.8のとき最も小形化となる寸法が分かった。本章ではその寸法において比誘電率を変更することで更なる小形化の検討を行う。図3に比誘電率と短縮率のグラフを示す。短縮率は使用最低周波数の半波長に対してアンテナ長が何パーセント分になるかを表している。なお、棒グラフが抜けている箇所は、リターンロスが-10dBを下回らなかった部分である。

図3(a)のグラフは比誘電率の実部、虚部を-20ずつ変化させた結果である。ただし、0近辺では-1-j1とした結果より、実部-60、虚部20のとき最も短縮率が小さくなった。これを含めた図の紫色の部分全体と比べて短縮率が小さくなっており、この付近の値を詳細に検討することで最適な比誘電率が得られると考えた。



(a)実部-100~0, 虚部0~100で変化させたとき



(b)実部-70~-40, 虚部5~20で変化させたとき

図3 比誘電率と短縮率のグラフ

表1 比誘電率毎の短縮率と放射効率

比誘電率	短縮率[%]	放射効率[%]
-8.5-j0.1 (文献[2]のアンテナ)	3.83	18.1
-60-j10	3.78	1.62
-65-j5	1.42	1.21
-65-j10	2.70	1.16
-65-j15	4.05	1.15
-70-j10	3.85	1.57

図3(b)は図3(a)の結果から得られた範囲を細かく検討したグラフである。比誘電率は実部を-70~-40、虚部を5~20の間で5ずつ変化させた。このとき、実部-65、虚部5のときの短縮率が最も小さくなった。比誘電率の最適化を図ることで、より小形化できる可能性があることが分かった。

5. 短縮率及び放射効率について

図3(b)の結果から、文献[2]のアンテナ形状で最適化された短縮率と比較して、同程度か短縮された比誘電率の短縮率と放射効率を表1に示す。

表1から本研究で検討しているアンテナ形状で文献[2]のアンテナと同程度の短縮率とした場合、放射効率は1.15~1.62%の放射効率しか得られなかった。原因として、金属が含まれる物質でアンテナを被覆したことにより、放射に影響したと考えられる。

6. まとめ

CuPPSのアンテナ軸方向の厚みを変化させた結果、厚み0.1mm(L1=7.9mm)のときの最低周波数が最も低域となった。比誘電率と短縮率の検討の結果、比誘電率-65-j5のときが最も短縮率が小さくなり、細かく検討することで最適化が見込めることが分かった。放射効率では、CuPPSが金属を含んでおり、アンテナを被覆していることから、1.15~1.62%の放射効率となった。

参考文献

[1] 松崎明, 遠藤進也, 森下久, 野村壮史, 佐藤和夫”アンテナの小形化を目的とした装荷電磁材料の構造最適化に関する検討”, 電子情報通信学会論文誌 C, Vol. J90-C, No.12 pp. 913-921, 2007

[2] 甲斐将和, 三枝健二, “負の誘電率を有する物質装荷によるダイポールアンテナの小形化の検討”, 第62回日本大学理工学部学術講演会, M-16

[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の検討”, 第63回日本大学理工学部学術講演会, M-14