

超伝導アンテナの広帯域化による耐電力特性向上の検討

Investigation of Improved Power Handling Capability of Bandwidth Enhancement of Superconducting Antennas

山梨大工¹ ○(M2)武田 航太郎¹, 作間 啓太¹, 關谷 尚人¹

Yamanashi Univ.¹, ○Kotaro Takeda¹, Keita Sakuma¹, Sekiya Naoto¹

E-mail: g23te017@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

マイクロ波方式ワイヤレス電力伝送では、伝送効率が数%程度と非常に低く、効率の改善が必要である。超伝導パッチアンテナを用いることにより、伝送効率の改善が期待できるが、耐電力特性が非常に低いことから応用が難しい[1]。これは、超伝導アンテナは常伝導アンテナと比べてQ値が高い（狭帯域な）ため、アンテナ端部に電流が強く集中し、その電流が臨界電流密度を超え超伝導状態を保てなくなるためである。電流低減の手法として、超伝導フィルタでは、帯域幅を広げることで共振器に流れる電流の滞在時間が少なくなり電流集中が小さくなることが知られている[2]。アンテナの広帯域化の方法として、アンテナ周辺に共振周波数が近い共振器を配置する方法や、無給電素子を用いる方法などがあるが、今回はフィルタとアンテナを組み合わせることで帯域幅を任意に決め、帯域幅を大きく広げることができるフィルタリングアンテナ（フィルテナ）に着目した。

本研究では、超伝導フィルテナを設計し、超伝導フィルテナに流れる電流値を調べ、電流集中の低減による耐電力特性の向上が可能か検討した。

2. 超伝導フィルテナの設計

フィルタの等価回路を図1(a)に、フィルテナの等価回路を図1(b)に示す。フィルテナはフィルタの最終段の共振器と給電線を放射素子に置き換えることで設計できる。超伝導フィルテナは、図2に示すように1層目に共振器部分を、2層目にアンテナ部分を配置した積層構造で設計した。また、耐電力特性を最大にするために共振器とアンテナは正方形形状を用いた。

フィルテナを2段で中心周波数 f_0 が5 GHz、帯域幅が100 MHz、帯域内Rippleが0.1 dBの設計条件とし、フィルタ回路合成理論を用いて設計した[3]。超伝導薄膜の導電率は 3×10^{11} S/mとし、基板は50 mm角のr-Al₂O₃（比誘電率9.9、誘電正接 1×10^{-7} 、基板厚0.5 mm）を用いた。設計した超伝導フィルテナを図2に示す。

3. 結果

超伝導パッチアンテナと超伝導フィルテナの周波数特性を図3に示す。パッチアンテナの-10 dB帯域幅(8 MHz)よりフィルテナの-10 dB帯域幅(130 MHz)を16倍に広げること成功した。パッチアンテナと、フィルテナ（共振器部分、アンテナ部分）に流れる電流をシミュレーションした結果、フィルテナに流れる電流をパッチアンテナの約1/4に低減できることが明らかとなった。耐電力特性は $P = RI^2$ の関係から2乗倍向上すると考えられ、耐電力特性は13倍に向上すると予想される。

4. まとめ

超伝導アンテナの耐電力特性を向上するために帯域幅を広げることのできる超伝導フィルテナの設計を行

った。結果、超伝導アンテナの-10 dB 帯域幅を 16 倍に広げ、超伝導フィルテナに流れる電流が超伝導アンテナに流れる電流の約 1/4 に低減できた。超伝導フィルテナの耐電力が超伝導アンテナの 13 倍と大幅に向上できると予想される。

参考文献

- [1] K.Ehata et al., Electronics and Communications in Japan, Part 2, Vol.82, N0.11, pp.59-69, 1999
- [2] 加屋野博幸 et al., 電子情報通信学会論文誌 C, Vol.J90-C, No.3, pp.188-196, 2007
- [3] M.Ohira et al., 2015 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), pp. 1-4, 2015

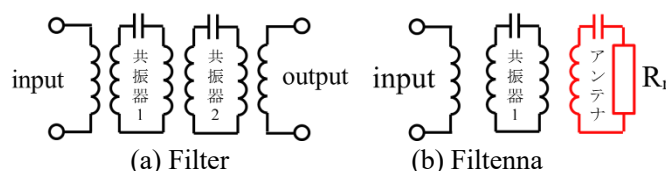


Fig.1 Equivalent circuit of filter and filtenna

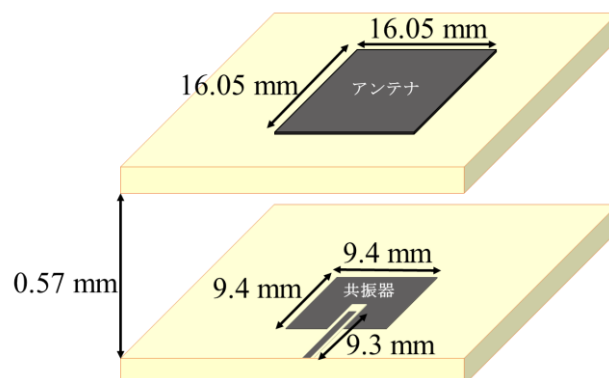


Fig.2 Image of filtenna

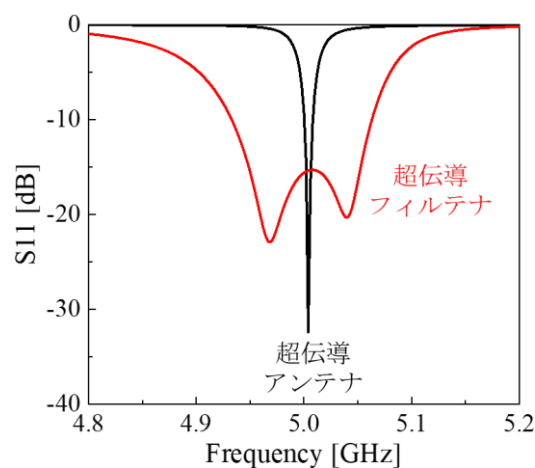


Fig.3 Frequency response of superconducting antenna and superconducting filtenna