

高温超伝導バルクを共振器として用いたマイクロ波アンテナの設計と評価

Design and evaluation of microwave antenna using HTS bulk as a resonator

山形大学¹, 富士電機株式会社² [○](M2)島田 文哉¹, (M1)佐藤 豪大¹, (B)清岡 和史¹, 柴田 将史², 齊藤 敦¹

Yamagata Univ.¹, Fuji Electric Co.², [○]Fumiya Shimada¹, Takehiro Sato¹, Kazushi Kiyooka¹,

Masafumi Shibata², Atsushi Saito¹

E-mail: twx52047@st.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

高温超伝導体(HTS)薄膜アンテナアレイの研究では、アンテナの耐電力特性(PHC)が 1W 以下と低く、無線電力伝送の実用化には不十分であった。[1]我々はこれまでに、HTS バルク共振器を用いたマイクロ波バンドパスフィルタ(BPF)の研究を行い、GdBa₂Cu₃O_y バルクディスク共振器を用いた 5 段チェビシェフ型 BPF で 100W 以上の PHC を報告した。[2] これらの結果は、超伝導バルクを共振器とするアンテナが高い電力を送信する際、有効な選択であることを示唆している。そこで本研究では、HTS バルクディスクをパッチアンテナとして用いたマイクロ波アンテナとその伝送波を平行波とするコリメータレンズを組み合わせた、低損失送信用アンテナを提案し、伝送効率と伝送距離の両方を向上可能なアンテナ構造を明らかにすることを目的とした。

2. 超伝導バルク共振器アンテナの設計と解析結果

3 次元電磁界解析ソフトを用いて、Fig. 1 に示すアンテナモデルの電磁界解析を行った。このとき、ISM(Industry Science and Medical)バンドとパワーアンプの仕様を考慮して、共振周波数 $f_0 = 5.3 \pm 0.1$ GHz、結合強度 $\beta = 1 \pm 0.1$ を目標値とし、最適なバルク径と gap 長を調査した。Fig. 2(a) に $\Phi = 6.7$ mm, gap 長 = 4.2 mm における反射特性を示し、Fig. 2(b)に Smith chart を示す。この解析の結果、 $\Phi = 6.7$ mm, gap 長 = 4.2 mm のとき、 $f_0 = 5.312$ GHz、 $Q_u = 1113$ が得られることを確認できた。

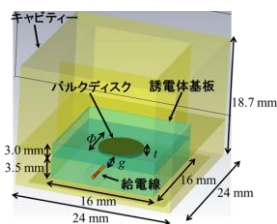


Fig. 1. Antenna simulation model

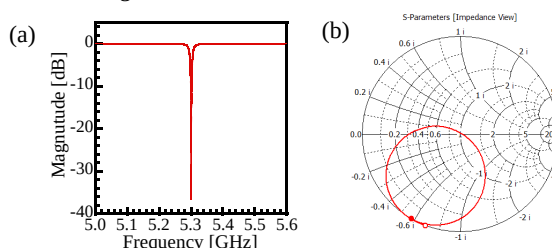


Fig. 2. (a)Antenna reflection characteristics and (b)smith chart at a $\Phi = 6.7$ mm, gap distance = 4.2 mm.

3. 実験結果および考察

実験で使用したアンテナの寸法は解析条件と全て同じとした。バルクディスクには GdBa₂Cu₃O₇₋₈(GdBCO) ($\Phi = 6.7$ mm)を用いた。パルスチューブ冷凍機付チャンバー (富士電機製) にアンテナをセットし、温度範囲 48 K - 300 K での反射特性を Vector Network Analyzer を使用して測定した。Fig. 3(a)に $T = 48$ K での反射特性を示す。 $Q_u = 1121$ ($f_0 = 5.31$ GHz)が得られ、解析結果とおおよそ一致している。Fig. 3(b)に Q_u の温度依存性を示す。 $T \sim 95$ K にて、明瞭な超伝導転移を確認できる。マイクロ波伝送特性の測定では、Signal Generator を使用して電力を入力し、ホーンアンテナと Spectrum Analyzer を使用して出力を測定した。 $T = 47$ K、伝送距離 0 m において 43.56 mW の入力に対して出力は 7.48 mW となり、伝送効率は 17.1 % が得られた。詳細は講演の際に述べる。

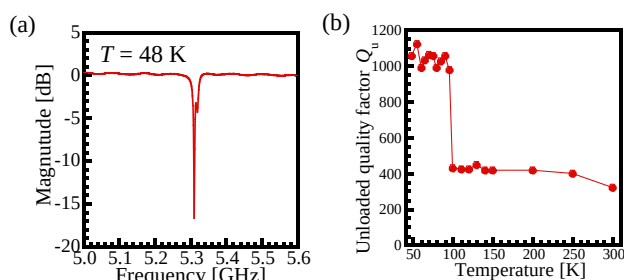


Fig. 3. (a)Antenna reflection characteristics and (b)temperature dependence of Q_u (b) in GdBCO antennas.

4. まとめ

超伝導バルク共振器アンテナの解析において、目標とする共振周波数と結合強度を満たすアンテナ構造($\Phi = 6.7$ mm, gap 長 = 4.2 mm)を明らかにすることができた。また、反射特性の測定にて、作製した GdBCO バルクアンテナで超伝導転移を確認し、評価可能な冷却システムを構築することができ、 $Q_u=1121$ の共振特性を得ることができた。さらに、通過特性の測定にて、伝送距離 0 m で最高伝送電力 7.48 mW、最高伝送効率 17.1 % を得ることができた。

5. 参考文献

- [1] K. Ehata, et al., Electronics and Communications in Japan, Part 2, Vol. 82, No. 11, pp. 56-69, 1999.
- [2] A. Saito, et al., Applied physics Express, Vol. 8, pp. 1-3, 2015.