

高 J_c 薄膜を用いた超伝導アンテナの耐電力特性向上の検討

Investigation of Enhanced Power Handling Capability of Superconducting Antennas with High J_c Thin Films

山梨大工¹ ○(B)武田 航太郎¹, 作間 啓太¹, 關谷 尚人¹

Yamanashi Univ.¹, ○Kotaro Takeda¹, Keita Sakuma¹, Naoto Sekiya¹

E-mail: ksakuma@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、耐電力特性が低いこと(250 mW [1])が問題となっている。これは、表皮効果により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(J_c)を超え超伝導状態を保てなくなるためである。我々はTrifluoroacetates Metal Organic Deposition (TFA-MOD)法を用いて、独自のアニール処理を行った5×10 mm角CeO₂/r-Al₂O₃基板において非常に高い J_c (約10 MA/cm²@77 K)を有する(Y_{0.77}Gd_{0.23})Ba₂Cu₃O_y [(Y,Gd)BCO]薄膜を報告した[2]。しかし、アンテナなどのマイクロ波機器作製のためには、大面積(25mm角)の超伝導薄膜が必要である。本研究では、大面積かつ高 J_c -超伝導薄膜の作製を試み、その薄膜を使用した超伝導アンテナの耐電力特性の向上について電磁界シミュレーションを用いて検討したので報告する。

2. 高 J_c -(Y_{0.77}Gd_{0.23})Ba₂Cu₃O_y薄膜の作製

TFA-MOD法を用いて、アニール処理を行った25mm角CeO₂/r-Al₂O₃基板上に(Y_{0.77}Gd_{0.23})Ba₂Cu₃O_y [(Y,Gd)BCO]薄膜を作製した。図1に作製した25 mm角のTFA-MOD (Y,Gd)BCO薄膜を示す。四隅に膜厚が不均一な部分があるが、TFA-MOD (Y,Gd)BCO薄膜が全面にできていることがわかる。図2(a) (b)に超伝導転移温度(T_c)分布および J_c 分布@77 Kを示す。25 mm角の基板上に均一な超伝導特性を有するTFA-MOD (Y,Gd)BCO薄膜が作製できたと考えられる。

TFA-MOD (Y,Gd)BCO薄膜では最大9.9 MA/cm²@77 Kを示し、市販REBCO薄膜(Ceraco社)の約3 MA/cm²@77 Kに対し、3.3倍の J_c が得られている。また、アンテナ使用環境の低温(35 K)ではTFA-MOD (Y,Gd)BCO薄膜の J_c は70 MA/cm²を超え、市販REBCO薄膜[12.5 MA/cm²(推測値)]に比べ、5.7倍の J_c が得られている。

3. 超伝導パッチアンテナの設計

アンテナの形状において、最も高い耐電力特性が得られる正方形の超伝導パッチアンテナを設計した。図3に電磁界解析シミュレーションを用いて設計した超伝導パッチアンテナの構造とその周波数特性を示す。超伝導パッチアンテナは銅パッチアンテナと比較して利得が3.6 dB高い。シミュレーションから得られた端部電流から、超伝導パッチアンテナの耐電力特性の計算を行った。市販REBCO薄膜を用いた超伝導パッチアンテナの耐電力特性は先行研究[3]をもとに計算し、1.6 Wと予測される。

耐電力特性には $P \propto J_c^2$ の関係があると考えられるため、高 J_c -(Y,Gd)BCO薄膜を用いた超伝導パッチアンテナの耐電力特性は市販REBCO薄膜を用いたものより、77 Kで11倍、35 Kでは33倍になると予想され、50 W@35

Kを超える可能性があることがわかった。計算の詳細は当日報告する。

4. まとめ

TFA-MOD (Y,Gd)BCO 薄膜を用いた超伝導アンテナの耐電力特性が50 Wを超えることが推測され、耐電力特性を大幅に向上できる可能性があることを明らかにした。今後は、実際にTFA-MOD (Y,Gd)BCO 薄膜を用いた超伝導アンテナを作製し、周波数特性と耐電力特性の測定を行う。

参考文献

- [1] K.Ehata et al., Electronics and Communication in Japan **82** (1999) 915
- [2] K.Sakuma et al., Jpn. J. Appl. Phys. **58** (2019) 053001
- [3] N.Sekiya, Physics Procedia **65** (2015) 205

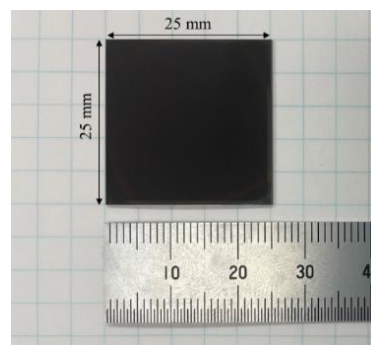
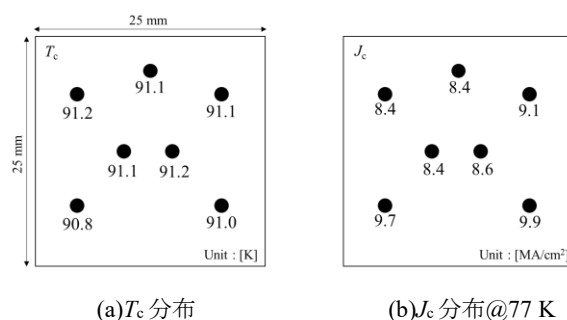


図1 25 mm 角の TFA-MOD (Y,Gd)BCO 薄膜



(a) T_c 分布

(b) J_c 分布@77 K

図2 25 mm 角 TFA-MOD (Y,Gd)BCO 薄膜の T_c , J_c 分布の測定結果。測定には直流四端子法を用いた。

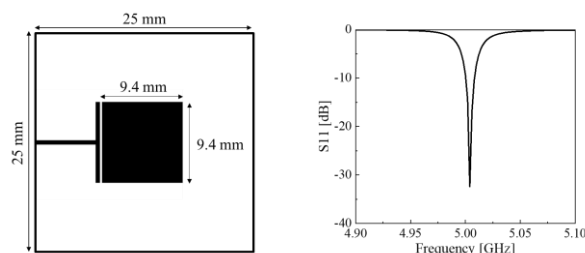


図3 超伝導パッチアンテナの構造と周波数特性