研 究

Bi系超電導体を用いた電磁波吸収体への応用

堀田 勝喜^{☆1}, 西 敏和^{☆2}, 二瓶 健一^{☆3}, 渡辺 康夫^{☆1}, 廣瀬 治男^{☆1}^{☆1}日本工業大学, 〒345-8501 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1.^{☆2}日本工業大学大学院, 〒345-8501 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1.^{☆3}日本工業大学大学院, 〒345-8501 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1 [(現) 富士通特機システム(株)].

Application of Bi-2223 Superconductor to Electromagnetic Wave Absorber

Katsuyoshi Hotta^{☆1}, Toshikazu Nishi^{☆2}, Kenichi Nihei^{☆3}, Yasuo Watanabe^{☆1} and Haruo Hirose^{☆1}^{☆1}Nippon Institute of Technology, 4-1 Gakuendai Miyasiro Minami-saitama-gun, Saitama 345-8501.^{☆2}Graduate School, Nippon Institute of Technology, 4-1 Gakuendai Miyasiro Minami-saitama-gun, Saitama 345-8501.^{☆3}Graduate School, Nippon Institute of Technology, 4-1 Gakuendai Miyasiro Minami-saitama-gun, Saitama 345-8501
[Present Address: Tokki System Limited].

Received August 1, 2001

SYNOPSIS

We experimented on the reflective attenuation properties of Bi 2223 superconductor against electromagnetic waves. Sample was prepared as a pellet (32 mm ϕ ×2 mm, or 32 mm ϕ ×5 mm) which consists of the superconductor with the average particle size of 50 μ m or below and epoxy resin. The wt% proportion of the superconductor and epoxy resin was changed to some extent.

The pellet was irradiated by the electromagnetic wave in the ranges from 10.0 to 11.0 GHz (X band) and from 20.0 to 26.0 GHz (K band) at 290 K and 77 K to measure its reflective intensity by using vector network analyzer.

The attenuation value defined in the experiment as a difference between reflective intensity of the sample and that of the same size copper plate gave the maximum attenuation of 60 dB at 10.5 GHz for X band and that of 37 dB at 23.5 GHz for K band.

The maximum attenuations of 52.7 dB at 10.7 GHz and 63.3 dB at 25.2 GHz were obtained for the average particle size of 170 μ m at 80 wt% content although no significant attenuations were observed for the particle size of 270 μ m at the same content.

Such attenuation properties will be understood in terms of a kind of percolation mechanism.

KEY WORDS

Superconductor, Bi system, Reflective attenuation, Electromagnetic waves Percolation

1 緒 言

通信技術の発達が著しく、それに伴い電磁波障害などの諸問題も生じており電磁波ノイズ対策への関心も高まっている。現在、電磁波吸収体として六方晶フェライト粉末を利用した研究がなされている¹⁾が高温超電導体を用いた電磁波関連の応用研究も注目を集めており、マイクロ波、ミリ波で性能の良い平坦表面形状で薄型の電磁波吸収体が要求されている。このような背景のもとに、本報告ではBi系高温酸化物超電導体粉末を電磁波吸収体として応用することが可能か実験検討を行った。

2 実験方法

平均粒径50 μ mでT_cが104 KのBi系超電導体粉末をエポキシ系樹脂に対する割合を0 wt%~80 wt%まで10 wt%きざみで変化させて混合し、32 mm ϕ ×2 mmおよび32 mm ϕ ×5 mmに成形し試料とした。作製した試料を専用の治具に収め、ベクトルネットワークアナライザを用い、室温(290 K)および液体窒素温度(77 K)でX帯(10 GHz~11 GHz)、K帯(20 GHz~26 GHz)の電磁波を試料に対し垂直に照射し反射強度を測定した。次に、試料と同寸法の銅板からの反射強度を測定し、その差を求めることにより電磁波の減衰量と定義し、減衰量が20 dB以上の帯域幅(20 dB帯域)について比較を行った。また、この測

定で結果が良かった割合のものについて平均粒径が $170\mu\text{m}$ と $270\mu\text{m}$ と粒径の違う粉末で同寸法の試料を作製し、同様に電磁波を照射し減衰量を測定した。

3 実験結果並びに考察

X帯($10\text{GHz}\sim 11\text{GHz}$)で試料厚さが 2mm のときの超電導体含有量の変化に伴う減衰量の変化は、超電導体の含有量の増加に伴い減衰量が増加する傾向が見られ、含有量が $70\text{wt}\%$ がピークで $80\text{wt}\%$ では減衰量が著しく低下した。

Fig.1に超電導体粉末のエポキシ系樹脂に対する割合が $70\text{wt}\%$ のときの周波数-減衰特性曲線を示す。 290K において最大減衰量が 47dB で、 20dB 帯域が $10\sim 10.15\text{GHz}$ の間の 0.15GHz となったが、 77K では最大減衰量が 63.3dB に達し、 20dB 帯域も $10\sim 10.35\text{GHz}$ の間の 0.35GHz と大きくなった。

試料厚さが 5mm のときの超電導体含有量の変化に伴う減衰量の変化は、超電導体の含有量の増加に伴い減衰量が増加する傾向が見られたが、減衰量が 20dB を超えたのは含有量が $80\text{wt}\%$ のときだけであった。

Fig.2に超電導体含有量の割合が $80\text{wt}\%$ のときの周波数-減衰特性曲線を示す。 290K においては減衰量に大きな変化は見

Fig.1 X band Attenuation (2 mm thickness sample 70 wt% superconductor).

Fig.2 X Band Attenuation (5 mm thickness sample 80 wt% superconductor).

られなかったが、 77K では最大減衰量が 60.2dB で 20dB 帯域は $10.18\sim 10.75\text{GHz}$ の間の 0.57GHz となった。

K帯($20\text{GHz}\sim 26\text{GHz}$)では、試料厚さが 2mm のときの超電導体含有量の変化に伴う減衰量の変化は、含有量が増加すると減衰量も若干増加する傾向が見られたが、含有量 $60\text{wt}\%$ のときにピークで全体で 20dB を超えることはなかった。

Fig.3に超電導体粉末の割合が $60\text{wt}\%$ のときの周波数-減衰特性曲線を示す。 290K においては減衰量に大きな変化は見られず、 77K でも減衰量は若干増加する傾向が見られるものの、 20dB を超えることはなかった。

試料厚さが 5mm のときの超電導体含有量の変化に伴う減衰量の変化は、含有量が増加すると減衰量も増加する傾向が見られ、含有量 $80\text{wt}\%$ でピークとなった。

Fig.4に超電導体含有量の割合が $80\text{wt}\%$ のときの周波数-減衰特性曲線を示す。 290K においては減衰量に大きな変化は見られなかったが、 77K では最大減衰量が 37dB で 20dB 帯域は $22\sim 23.55\text{GHz}$ の間の 1.55GHz となった。

Fig.3 K Band Attenuation (2 mm thickness sample 60 wt% superconductor).

Fig.4 K Band Attenuation (5 mm thickness sample 80 wt% superconductor).

Fig. 5 X Band Attenuation (5 mm thickness sample 80wt% (170 μm) superconductor).

Fig. 7 X Band Attenuation (5 mm thickness sample 80wt% (270 μm) superconductor).

Fig. 6 K Band Attenuation (5 mm thickness sample 80wt% (170 μm) superconductor).

Fig. 8 K Band Attenuation (5 mm thickness sample 80wt% (270 μm) superconductor).

以上の結果より、試料厚さ 5 mm, 超電導体粉末の含有量は 80wt% のときの結果が良好だったのでこの条件で平均粒径を 170 μm と 270 μm に大きくして測定を行った。

Fig. 5 に平均粒径 170 μm , X 帯での周波数-減衰特性曲線を示す。290 K においては減衰量に大きな変化は見られなかったが, 77 K では最大減衰量が 52.7 dB で 20 dB 帯域は 10.3~10.84 GHz の間の 0.54 GHz となった。

Fig. 6 に同じ試料で K 帯での周波数-減衰特性曲線を示す。290 K においては減衰量に大きな変化は見られなかったが, 77 K では最大減衰量が 63.3 dB で 20 dB 帯域は測定した周波数帯全域, つまり 6 GHz となった。

Fig. 7 に平均粒径 270 μm , X 帯での周波数-減衰特性曲線を示すが, 290 K, 77 K いずれにおいても減衰量に大きな変化は見られなかった。

Fig. 8 に Fig. 7 と同じ試料で K 帯での周波数-減衰特性曲線を示す。290 K, 77 K いずれにおいても減衰量に大きな変化は見られなかった。

これらの事から、電磁波の減衰²⁾には超電導体の粉末の含有量(分散の度合い)や粒度(超電導体粉末の体積)が関与していることが明らかになった。それらを統一的に理解するには、パーコレーションについての検討が試料の厚み, 含有割合, 粒径および照射電磁波の波長への影響の評価に有効である可能性があると思われる。従って試料の厚みに伴う減衰量の変化については今後、パーコレーションの観点から検討する必要があると考える。

4 結 言

本実験での条件のもとでは以下のことがわかった。

- (1) 超電導体を用いて作製した試料が電磁波吸収体として応用できる。
- (2) 超電導体の含有量は 70~80 wt% のとき, 減衰量が大きくなる。
- (3) 試料厚みは, 2 mm より 5 mm の方が良好な結果が得られる。
- (4) 超電導体の粒径が 170 μm のとき, 減衰量が最も大きくなる。

(5) パーコレーションメカニズムを考慮する必要がある。

文 献

- 1) S.Sugimoto, K.Okayama, S.Kondo, H.Ota, M.Kimura,
Y.Yoshida, H.Nakamura, D.Book, T.Kagotani, M.Homma:

"Barium M-type Ferrite as an Microwave Absorber in the GHz Range", Materials Transactions, JIM, (1998)1080-1083.

- 2) 花澤理広, 阿部康彦, 橋本修, 安岡義純: "抵抗皮膜を用いた700GHz帯用電波吸収体の実験的検討", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J84-B (2001)948-950.