

銅張誘電体基板に挟まれた誘電体円柱共振器を用いた 界面比導電率評価の高精度化

C-2 Accuracy improvement of the interface conductivity evaluation
using a dielectric rod resonator sandwiched between copper-clad dielectric substrates

平野勇作 清水隆志 古神義則

Yusaku Hirano Takashi Shimizu Yoshinori Kogami

宇都宮大学大学院工学研究科

Utsunomiya University, Graduate School of Engineering

1. はじめに

図 1 に示す銅張誘電体基板に挟まれた誘電体円柱共振器を用いた界面比導電率評価に関する検討を行っている[1]。誘電体円柱等の複素誘電率は別途測定しておく必要がある。その測定周波数が界面比導電率の測定周波数と異なる場合、誘電体円柱の誘電正接の周波数依存性が、界面比導電率の測定結果に影響を与える[2]。本報告では、誘電体円柱の誘電正接を補正した界面比導電率評価法を報告する。

2. 測定原理

銅張誘電体基板に挟まれた誘電体円柱共振器の断面構造を図 1 に示す。この構造では、基板が厚くなると共振周波数は低下する。界面比導電率 σ_{rb} は共振周波数 f_0 および無負荷 Q_{u0} の測定値より、次式で求められる[1]。

$$\sigma_{rb} = \frac{A^2}{\pi \mu_0 f_0^3 \sigma_0} \left[\frac{1}{Q_u} + \frac{2}{f_0} \{ B \varepsilon_r \tan \delta @ f_0 + C \varepsilon_{rs} \tan \delta_s \} \right]^2 \quad (1)$$

ただし、真空の透磁率 μ_0 、万国標準軟銅の導電率 σ_0 、摂動計算により求められる係数 A , B , C である。また、測定周波数における誘電正接 $\tan \delta @ f_0$ は、次式により求められる。

$$\tan \delta @ f_0 = X f_0 \quad (2)$$

ただし、誘電正接の周波数依存性より得られる近似直線の傾き X である。

3. 誘電体円柱の誘電正接の周波数依存性

測定に使用する $(\text{ZrSn})\text{TiO}_4$ 円柱、 $\text{Ba}(\text{MgTa})\text{O}_3$ 円柱、サファイア円柱の誘電正接の周波数依存性を図 2 に示す。ただし、測定は 2 誘電体円柱共振器法[3]により行った。周波数依存性の近似式は図 2 中に示す。図 2 より、 $(\text{ZrSn})\text{TiO}_4$ 円柱は周波数依存性が特に強いことがわかる。

4. 誘電体円柱の誘電正接の補正の適用

事前に比導電率を評価した銅箔に、厚みの異なる誘電体基板を貼り付けて銅張誘電体基板を模擬し、測定試料とした。そのため、界面比導電率の評価結果は基板厚みによらず一定となる。補正の有無による界面比導電率の比較を図 3 に示す。誘電正接の周波数依存性が強い $(\text{ZrSn})\text{TiO}_4$ 円柱を用いた 3, 10GHz 帯の測定結果では、事前測定した銅箔表面の比導電率に近づく結果が得られている。また、サファイア円柱を用いた 7GHz 帯の測定結果では、補正の影響は小さいことがわかる。また、周波数が高くなると、基板厚さの増加により界面比導電率の評価結果は低下する。この要因として、放射による無負荷 Q の低下が考えられ、さらなる検討が必要である。

5. まとめ

誘電体円柱の誘電正接を補正した界面比導電率評価法を提案し、その有効性を確認した。

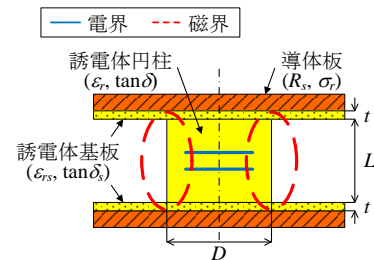


図 1 銅張誘電体基板に挟まれた誘電体円柱共振器

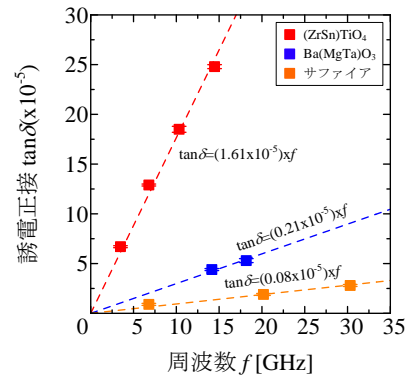


図 2 誘電体円柱の誘電正接の周波数依存性

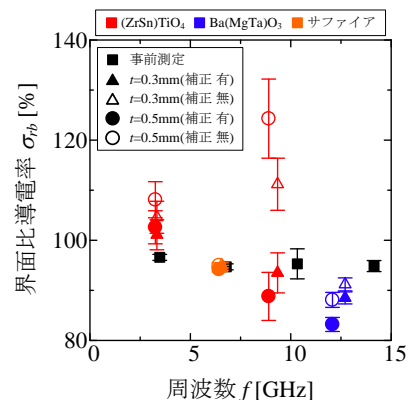


図 3 補正の有無による界面比導電率の比較

<参考文献>

- [1] 清水, 二階堂, 古神, “銅張誘電体基板に挟まれた誘電体円柱共振器の共振特性解析,” “信学技報, vol. 115, no. 115, MW2015-44, pp.35-40, June 2015.
- [2] 平野, 清水, 古神, “銅張誘電体基板に挟まれた誘電体円柱共振器を用いた界面比導電率の周波数依存性測定に関する検討,” “信学技報, Mar. 2018.
- [3] Y. Kobayashi, M. Kato, “Microwave measurement of dielectric properties of low-loss materials by the dielectric rod resonator method,” “IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 33, no. 9, pp. 586-592, Jul. 1985.