

36GHz 帯空洞共振器を用いたポリイミドフィルムの湿度依存性測定

Humidity dependence measurement for polyimide films using a 36GHz band circular empty cavity

長谷 修治 清水 隆志
 Shuji NAGAYA Takashi SHIMIZU
 宇都宮大学大学院 地域創生科学研究科

Graduate School of Regional Development and Creativity, Utsunomiya University

1. はじめに

ポリイミドは、物理的、電気的特性に優れており、高周波回路材料として広く用いられている。しかし、一般に高い吸湿率を有し、試料の吸湿状態に伴い複素誘電率も大きく変化する[1]。このため、回路設計や材料開発において、その湿度依存性を評価することが重要である。

本発表では、円筒空洞共振器法を用いた 36GHz 帯における湿度依存性測定システムを構築し、ポリイミドフィルムの複素誘電率の湿度依存性を明らかにする。

2. 円筒空洞共振器法の測定原理

直径 d 、厚さ t の誘電体試料を装荷した直径 D 、高さ H 、比導電率 σ_r の共振器の断面図を図 1 に示す。TE₀₁₁ モードの共振周波数 f_0 、無負荷 Q Q_u の測定値より、比誘電率 ϵ_r 、誘電正接 $\tan\delta$ が求まる[2]。なお、測定温度における D 、 H 、 σ_r は、事前に測定した表 1 に示す 20 °C における D_{20} 、 H_{20} 、 σ_{r20} より線膨張係数 τ_{cu} 、抵抗温度係数 α を考慮して求める。

3. 湿度依存性測定

測定試料とする 2 枚のポリイミドフィルム PI-1、2 の厚さ測定結果を表 2 に示す。

下記の手順により、図 2 左に示す小型環境試験器を用いて、吸湿状態が異なる試料を準備し、図 2 右に示す測定系にて複素誘電率測定を行う。

- A) 初期状態を揃えるために、乾燥処理として、温度 120 °C に設定した試験器に試料を 3 時間配置する。
- B) 吸湿処理として、温度 25 °C、湿度 M (= 45%, 65%, 85%) に設定した試験器に試料を 4 時間配置する。
- C) 試料を取り出し、温度 25 ± 2 °C、湿度 18 ± 2 % の環境下にて、5 回の複素誘電率測定を速やかに行う。
- D) 湿度 M を変更し、A~C を繰り返す。

2 枚のポリイミドフィルムの複素誘電率の湿度依存性の測定結果を図 3 に示す。設定湿度 M の増加とともに、 f_0 、 Q_u は減少し、 ϵ_r 、 $\tan\delta$ は増加した。これは、試料内の水分量が増加したためと考えられる。なお、2 枚の測定結果より求めた ϵ_r 、 $\tan\delta$ に関する近似式は、それぞれ $\epsilon_r = 3.00M \times 10^{-3} + 3.33$ 、 $\tan\delta = 6.28 \times 10^{-3} \exp(1.75M \times 10^{-2})$ である。

4. まとめ

円筒空洞共振器法を用いた複素誘電率の湿度依存性測定技術を提案し、有効性を実証した。さらに、36GHz 帯

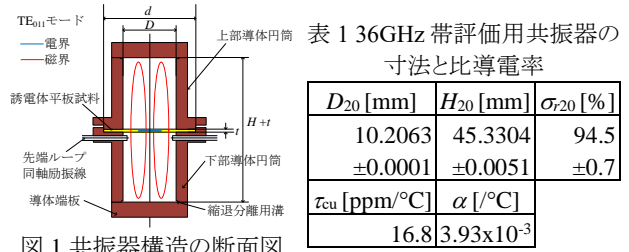


図 1 共振器構造の断面図

表 2 試料厚さの測定結果

Sample	t [μ m]
PI-1	94.5 ± 1.3
PI-2	94.7 ± 0.5

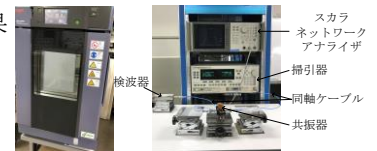


図 2 湿度依存性測定系

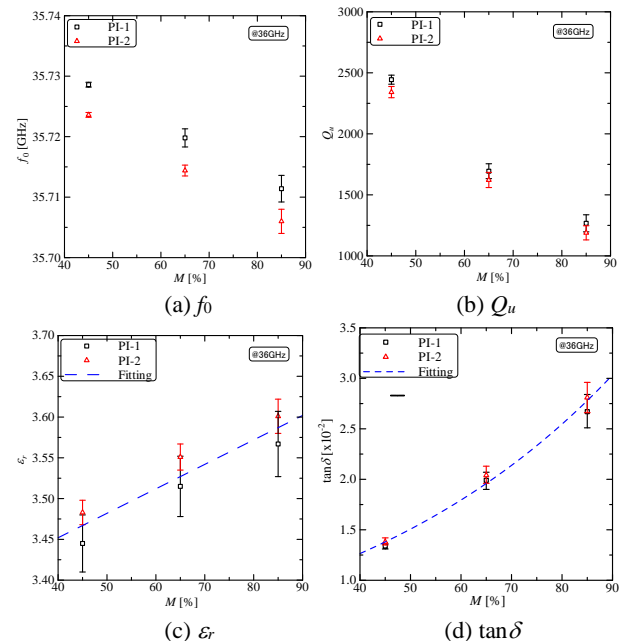


図 3 ポリイミドフィルムの湿度依存性の測定結果

におけるポリイミドフィルムの複素誘電率の湿度依存性を明らかにした。

参考文献

- [1] 土屋, 清水, 古神, 信学技報, vol. 115, no. 227, MW2015-97, pp. 49-54, Sept. 2015.
- [2] 清水, 土屋, 古神, 電学論 C, vol. 138, no. .2, pp .129-135, Feb. 2018.