

# C-2-117 空洞共振器法による高誘電率基板の複素誘電率測定

Measurements of complex permittivity of high permittivity plates by a cavity resonance method

清水 隆志                      篠原 充                      小林 禎夫  
 Takashi Shimizu              Mituru Shinohara              Yoshio Kobayashi  
 埼玉大学工学部 電気電子システム工学科  
 Department of Electrical and Electronic Systems, Saitama University

## 1. はじめに

空洞共振器法は、マイクロ波帯において誘電体基板の複素誘電率を非破壊かつ高精度に測定する方法として知られている。以前、ミリ波帯において、比誘電率  $\epsilon_r$  が 2-10 程度の低誘電率基板の複素誘電率を空洞共振器法により測定している [1][2]。本研究では、ミリ波空洞共振器を用いて、 $\epsilon_r$  が 10-24 程度の高誘電率基板の複素誘電率測定を行い、その有効性を実証したので報告する。

## 2. 測定原理 [1]

本測定では、図 1(a) に示す空洞共振器の用いて、 $TE_{01p}$  ( $p=1,2,\dots$ ) モードの共振周波数  $f_0$  および無負荷  $Q$ 、 $Q_u$  の測定値より、直径  $D$  (mm)、長さ  $H$  (mm) および比導電率  $\sigma_r$  をあらかじめ求めておく必要がある。次に、図 1(b) に示すように、厚さ  $t$  の誘電体基板をこの空洞の中央に装荷し、遮断  $TE_{0m1}$  モード誘電体円筒共振器を構成する。 $\epsilon_r$  は  $TE_{0m1}$  ( $m=1,2,\dots$ ) モードの  $f_0$  の測定値より、また、誘電正接  $\tan\delta$  は  $Q_u$  の測定値より、縁端効果まで考慮した厳密な値が求められる。

## 3. 測定結果

3種類の高誘電率誘電体基板(信光社製)の複素誘電率を常温にて測定した。基板の寸法は、 $10 \times 10$  (mm<sup>2</sup>) であり、Sapphire 基板の結晶軸は面に対して垂直な  $c$  軸方向である。

表1に常温での空洞共振器の寸法の測定結果を、表2に誘電体基板の常温での測定結果を示す。ただし、測定に使用したモードは  $TE_{011}$  モードである。

## 4. まとめ

3種類の基板の  $\epsilon_r$  はそれぞれ良く一致している。また、Sapphire 平板の  $\tan\delta$  は誤差の範囲内で一致している。この結果、高誘電率基板の複素誘電率測定において、本法の有効性を実証した。今回の測定では、試料が厚いために、ミリ波帯での測定が行えなかった。ミリ波帯で高誘電率基板の測定を行うためには、より薄い基板が必要である。

### <参考文献>

- [1] 清水, 小林; "ミリ波同軸励振空洞共振器法による誘電体平板の複素誘電率測定," 信学技報, MW99-25, pp73-76, May, 1999.
- [2] 清水, 小林; "空洞共振器法(低損失誘電体平板測定)," 1999年信学ソサイエティ大会, PC1-3, pp.311-312, Sept. 1999.

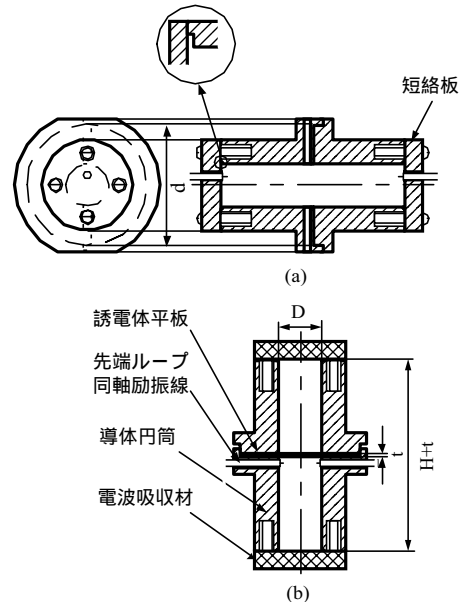


図1 測定に用いる共振器の構造図  
 (a) 空洞共振器  
 (b) 導体円筒遮断導波管内に誘電体平板を装荷した共振器

表1 空洞共振器の寸法 (at20 )

Mode	$f_0$ (GHz)	$Q_u$ for $TE_{015}$	$D$ (mm)	$H$ (mm)	$\sigma_r$ (%)
$TE_{015}$	$57.706 \pm 0.001$	14010	6.991	30.738	92.0
$TE_{016}$	$59.930 \pm 0.002$	$\pm 70$	$\pm 0.001$	$\pm 0.074$	$\pm 1.0$

表2 高誘電率基板の測定結果 (for  $TE_{011}$ , at24 )

Samples	$t$ (mm)	$f_0$ (GHz)	$Q_u$	$\epsilon_r$	$\tan\delta$ ( $\times 10^{-5}$ )
Sapphire-1	0.506 $\pm 0.001$	32.254 $\pm 0.002$	8480 $\pm 100$	9.447 $\pm 0.019$	3.03 $\pm 0.11$
Sapphire-2	0.524 $\pm 0.001$	31.882 $\pm 0.002$	8330 $\pm 160$	9.447 $\pm 0.018$	3.13 $\pm 0.23$
LaAlO <sub>3</sub> -1	0.522 $\pm 0.002$	20.963 $\pm 0.003$	7210 $\pm 40$	24.203 $\pm 0.051$	3.19 $\pm 0.01$
LaAlO <sub>3</sub> -2	0.511 $\pm 0.001$	21.134 $\pm 0.002$	7240 $\pm 30$	24.214 $\pm 0.049$	3.24 $\pm 0.01$
LSAT-1	0.484 $\pm 0.002$	21.994 $\pm 0.002$	3730 $\pm 30$	23.263 $\pm 0.090$	17.59 $\pm 0.12$
LSAT-2	0.500 $\pm 0.001$	21.658 $\pm 0.003$	4090 $\pm 20$	23.360 $\pm 0.050$	14.86 $\pm 0.06$