

3~70GHz 帯における Crythnex 基板の複素誘電率測定 Measurements of complex permittivity of Crythnex substrates in 3~70 GHz range

折笠 篤
Atsushi Oriksa

三井 裕司
Yuji Mitsui

清水 隆志
Takashi Shimizu

小林 禎夫
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

近年、マイクロ波・ミリ波デバイスの設計には、誘電体基板の複素誘電率(比誘電率 ϵ_r , 誘電正接 $\tan\delta$)を高精度に測定することが重要な課題となっている。本研究では、Crythnex 基板の複素誘電率を空洞共振器法^[1](3~33GHz)および遮断円筒導波管法^[2](33~70GHz)を用いて測定したので報告する。

2. 測定方法

空洞共振器法および遮断円筒導波管法で用いる共振器の断面図を図 1 に示す。これらの共振器は直径 D , 長さ H , 比導電率 s_r の導体円筒空洞を中央で 2 つに分割し、その間に厚さ t の誘電体基板を挟んで構成される。励振および検波は、先端に微小ループをもつ同軸線路を用い、磁界結合により行う。あらかじめ、図 1 で試料を取り除いた空洞共振器を構成し、 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 D, H, s_r を測定しておく。 ϵ_r および $\tan\delta$ は D, H, s_r, t の測定値と TE_{011} モードの f_0 と Q_u の測定値より、縁端効果を考慮した値がそれぞれ求まる^{[1][2]}。

3. 測定結果

1 枚の Crythnex 基板から 10 枚の試料(No.1~10)を切り出した。各試料の厚さを表 1 に示す。各測定に用いる空洞共振器の測定結果および試料 No. を表 2 に示す。常温における各試料の $\epsilon_r, \tan\delta$ の測定結果を図 2 に示す。ここで No. 9, 10 の測定結果は参考文献[3]の値を用いた。

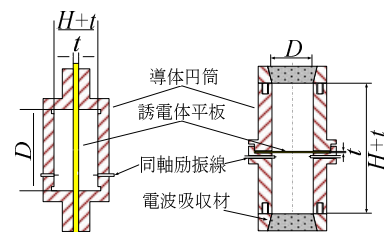
測定結果より、同一の試料で異なる共振器を用いた場合、 ϵ_r は測定誤差の範囲で一致している。しかし、異なる試料で同一の共振器を用いた場合、 ϵ_r は誤差の範囲で一致しない。これは 1 枚の Crythnex 基板でも切り出した場所によって ϵ_r が異なるためだと考えられる。一方、 $\tan\delta$ は試料が異なってもあまりばらつかない。また、周波数が増加するにつれ、 $\tan\delta$ も増加しているのがわかる。

4. まとめ

3~70GHz において、Crythnex 基板の ϵ_r は 2.30~2.35 の間でばらついており、試料に不均一性があることがわかった。また、 $\tan\delta$ は $f^{1/4}/\tan\delta = \text{const.}$ の直線にほぼ一致していることを明らかにした。

<参考文献>

- [1] 小林, 佐藤, “誘電体平板材料のマイクロ波複素誘電率測定,” 信学技報, MW87-7, pp. 7-12, May. 1987.
- [2] T. Shimizu, Y. Kobayashi, “Measured results of some low-loss dielectric plates by cut-off circular waveguide method in millimeter wave region,” 2002 Topical Symposium on Millimeter Waves, Digest, Mar. 2002.
- [3] 清水, 小林, 笠島, 大林, “80GHz 空洞共振器を用いた遮断導波管法により複素誘電率測定,” 信学総大, Mar. 2004. (発表予定)



(a) 空洞共振器法 (b) 遮断円筒導波管法
図 1 測定に使用する共振器の断面図

表 1 Crythnex 基板の厚さの測定値

No.	t (mm)	No.	t (mm)	No.	t (mm)	No.	t (mm)
1	0.814 ± 0.002	4	0.827 ± 0.002	7	0.821 ± 0.001	10	0.825 ± 0.001
2	0.827 ± 0.002	5	0.823 ± 0.006	8	0.832 ± 0.004		
3	0.809 ± 0.003	6	0.809 ± 0.006	9	0.825 ± 0.001		

表 2 空洞共振器の測定結果と各測定に用いる試料 No.

測定法	Name	f_0 (GHz)	Q_u	D (mm)	H (mm)	s_r (%)	No.
空洞共振器法	3GHz	3.011 ± 0.001	50020 ± 300	140.029 ± 0.001	100.005 ± 0.001	89.4 ± 1.1	1
	6GHz	6.023 ± 0.001	35640 ± 140	70.010 ± 0.001	49.953 ± 0.001	90.8 ± 0.8	1
	12GHz	12.044 ± 0.001	24800 ± 80	34.994 ± 0.001	25.022 ± 0.001	87.9 ± 0.5	2, 4, 8
	18GHz	18.329 ± 0.001	20640 ± 280	23.016 ± 0.001	16.395 ± 0.003	94.6 ± 2.5	2, 4
	24GHz	24.026 ± 0.001	17460 ± 240	17.508 ± 0.001	12.618 ± 0.003	86.6 ± 2.4	2, 4, 8
	33GHz	33.424 ± 0.001	14990 ± 90	12.608 ± 0.001	9.022 ± 0.001	89.1 ± 1.1	2, 4
遮断円筒導波管法	33GHz	33.459 ± 0.001	14140 ± 10	10.975 ± 0.001	48.570 ± 0.004	85.5 ± 0.1	3, 6, 7
	50GHz	52.520 ± 0.001	11230 ± 80	6.991 ± 0.002	30.917 ± 0.079	85.7 ± 1.2	3, 5, 7

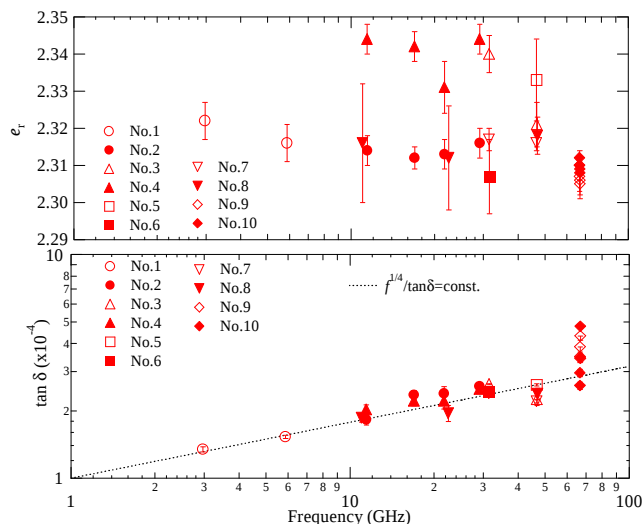


図 2 Crythnex 基板の複素誘電率の測定結果