

C-2-75 遮断円筒導波管法による複素誘電率測定 1 - 空隙の影響の検討 -

Measurements of complex permittivity by a circular cut-off waveguide method I - A study of air gap effect -

清水 隆志
Takashi Shimizu針谷 智
Satoshi Harigai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

遮断円筒導波管法による誘電体平板のミリ波複素誘電率測定において、使用する導体円筒空洞の違いにより、比誘電率の測定結果がわずかに異なることがわかった^[1, 2]。その原因は導体空洞と測定試料間に出来る空隙の影響であると考え、リッツガレルキン法による厳密な解析により、空隙を考慮した複素誘電率計算プログラムを作成し、その影響を明らかにしたので報告する。

2. 計算方法

図 1 に遮断円筒導波管の解析図 ($H=\infty$) を示す。また、リッツガレルキン法による厳密解析より、共振周波数 f_0 および複素誘電率 (比誘電率 ϵ_r 、誘電正接 $\tan\delta$) は次式から求まる。

$$\det H(f_0; \epsilon_r, \epsilon_g, t, g, D, H, d) = 0 \quad (1)$$

$$\tan\delta = A/Q_u - BR_s \quad (2)$$

従来の遮断円筒導波管法による計算では、 f_0 、 ϵ_r を計算する際、支持誘電体の厚さ g を 0 として計算していた。そこで、支持誘電体の厚さを導体円筒空洞と誘電体平板間の空隙と見なし、 g を変化させることで、空隙の影響による変化を計算する。

3. 計算結果

図 2 に TE₀₁₁ モード、 $\epsilon_r=2, 5, 10, 25$ として計算を行った時の空隙の影響による f_0 の変化を示す。ただし、計算には、空洞の直径 $D=7\text{mm}$ 、長さ $H=31\text{mm}$ 、比導電率 $\sigma_r=90\%$ 、試料の厚さ $t=0.5\text{mm}$ 、試料の直径/空洞の直径 $d/D=1.5$ を使用した。また、 Q_u は $\tan\delta$ の計算結果が等しくなるように、それぞれ 10000, 5800, 5000, 4400 とした。同様に、空隙の影響による ϵ_r 、 $\tan\delta$ の変化の計算を行った。その結果を図 3, 4 に示す。

測定誤差 (ϵ_r : 0.2 ~ 1.0%, $\tan\delta$ 2 ~ 10%) を考慮したとき、 f_0 および ϵ_r は空隙の影響による値の変化を補正する必要があるが、 $\tan\delta$ に関してはその必要がほとんどないと結論される。

4. まとめ

リッツガレルキン法による厳密な解析に基づき、導体と測定試料間の空隙が f_0 、 ϵ_r 、 $\tan\delta$ へ与える影響をそれぞれ明らかにした。この影響を補正することにより、遮断円筒導波管法は、導体円筒空洞の製作精度に依存しない高精度なミリ波複素誘電率測定が可能である。

<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の温度依存性の測定", 信学技報, ED2000-188, MW2000-145, pp.1-6, Nov. 2000.
- [2] 針谷, 清水, 小林, "遮断円筒導波管法による複素誘電率測定 2 - ラウンドロビンテストに対する測定結果の検討", 信学ソ大, Sept. 2001.

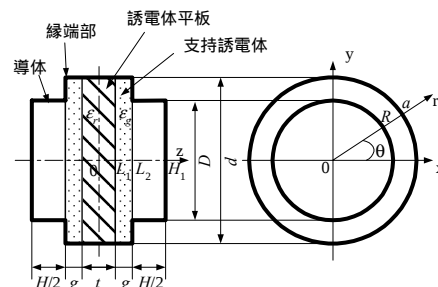
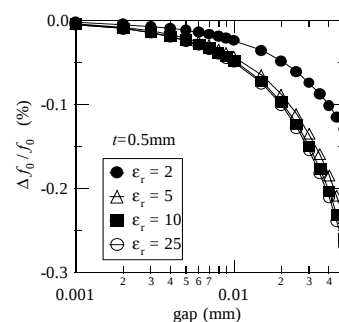
図 1 円筒遮断導波管の解析図 ($H=\infty$)

図 2 空隙による共振周波数への影響

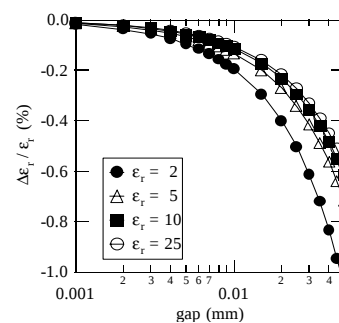


図 3 空隙による比誘電率への影響

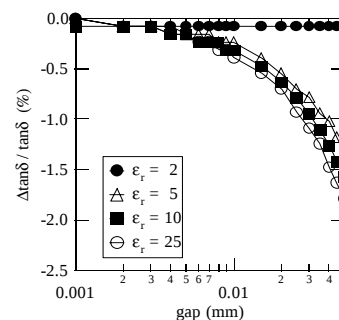


図 4 空隙による誘電正接への影響