

ミリ波帯における 3 種類の有機材料の複素誘電率測定

Complex permittivity measurements of three families of organic materials in the millimeter wave region

清水隆志 Takashi Shimizu 針谷智 Satoshi Harigai 小林禎夫 Yoshio Kobayashi

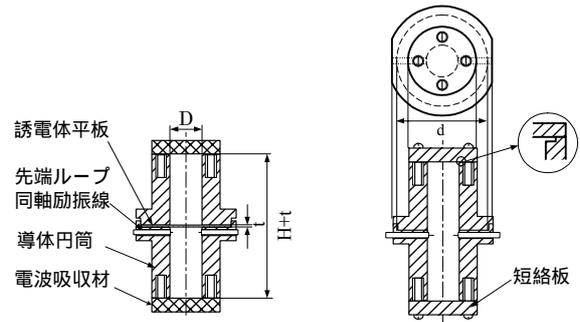
埼玉大学工学部電気電子システム工学科
Dept. of Electrical and Electronic Systems, Saitama University

1. はじめに

ミリ波帯における低損失誘電体材料の測定法として、遮断円筒導波管法を検討してきた^[1]。本測定法では、試料の厚さが薄くなるに従い、厚さの誤差による比誘電率の測定誤差が増加する。そこで、厚さ 1~2mm 程度の 3 種類の有機材料を用いて、40GHz 帯での複素誘電率測定を行い、その測定精度の向上を図ったので報告する。

2. 測定原理^[2]

図 1(a)に示すように、厚さ t の誘電体平板を導体円筒の中央に装荷し、遮断 TE_{0m1} モード誘電体円板共振器を構成する。比誘電率 ϵ_r は TE_{0m1} ($m=1,2,\dots$)モードの共振周波数 f_0 の測定値より、また、誘電正接 $\tan\delta$ は無負荷 Q_u の測定値より、縁端効果まで考慮した値が求まる。また、この際、図 1(b)に示す空洞共振器を用いて、TE_{01p} ($p=1,2,\dots$)モードの f_0 および Q_u の測定値より、直径 D 、長さ H および比導電率 σ_r をあらかじめ測定しておく。表 1 にその測定結果を示す。



(a) 誘電体を装荷した共振器 (b) 空洞共振器

図 1 測定に使用する共振器の断面図

表 1 D, H, σ_r の測定結果 @25

Mode	f_0 (GHz)	Q_u for TE ₀₁₁	D (mm)	H (mm)	σ_r (%)
TE ₀₁₁	52.520 ± 0.001	11230	6.991	30.917	85.7
TE ₀₁₃	54.282 ± 0.001	± 80	± 0.002	± 0.079	± 1.2

3. 測定結果

結晶性ポリスチレン(Syndiotactic Polystyrene、以下 SPS)、非晶質ポリオレフィン(Amorphous Polyolefin、以下 APO)、ポリカーボネート(Polycarbonate、以下 PC)の複素誘電率を、TE₀₁₁ モード、室温にて測定した。表 2 にその測定結果を示す。ただし、 ϵ_a は、縁端効果を無視した比誘電率であり、 ϵ_r は、縁端効果を考慮した比誘電率である。

結果より、試料が厚くなるにつれて、縁端効果の影響が大きくなっている。しかし、その影響は厳密な解析解により、正しく補正されていることがわかる。

4. まとめ

本測定の測定精度は、 ϵ_r に関しては、0.1%程度であり、 $\tan\delta$ に関しては、5%程度である。また、非晶質ポリオレフィンは、ミリ波回路への応用に有望であると結論される。最後に、有機材料をご提供頂いた日立マクセル株式会社に深謝する。

<参考文献>

- [1] 清水 針谷 小林, "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-", 信学ソ大, C-2-75, pp.99, Sep. 2001.
- [2] 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, pp.73-76, May. 1999.

表 2 有機材料の複素誘電率の測定結果 @25

試料	t (mm)	f_0 (GHz)	Q_u	ϵ_a	ϵ_r	$\tan\delta$ ($\times 10^{-4}$)
SPS-A1	1.178	42.833	3950	2.668	2.472	7.22
	± 0.001	± 0.002	± 70	± 0.003	± 0.003	± 0.37
SPS-A2	1.175	42.911	1680	2.658	2.463	6.93
	± 0.001	± 0.004	± 50	± 0.003	± 0.003	± 0.21
SPS-B1	1.187	40.097	1160	3.171	2.942	9.75
	± 0.001	± 0.002	± 30	± 0.003	± 0.003	± 0.25
SPS-B2	1.190	40.144	1130	3.157	2.929	10.08
	± 0.001	± 0.002	± 50	± 0.003	± 0.003	± 0.41
SPS-C1	1.190	40.209	1170	3.144	2.916	9.71
	± 0.002	± 0.002	± 50	± 0.003	± 0.003	± 0.40
APO-A1	2.050	38.010	3950	2.806	2.310	1.29
	± 0.001	± 0.001	± 100	± 0.002	± 0.002	± 0.08
APO-A2	2.040	38.040	3730	2.807	2.314	1.47
	± 0.001	± 0.001	± 120	± 0.002	± 0.002	± 0.10
APO-B1	1.032	44.746	2270	2.504	2.351	5.33
	± 0.001	± 0.002	± 70	± 0.003	± 0.003	± 0.19
APO-B2	1.035	44.706	2300	2.507	2.354	5.23
	± 0.001	± 0.002	± 60	± 0.003	± 0.003	± 0.18
PC	0.978	42.931	260	2.917	2.759	54.7
	± 0.001	± 0.005	± 10	± 0.003	± 0.003	± 1.6