

遮断円筒導波管法を用いた NRD ガイド用熱可塑性樹脂材料の検討

清水 隆志<sup>†a)</sup>(正員) 廣川 能嗣<sup>††</sup>  
 米山 務<sup>†</sup>(名誉員) 小林 禧夫<sup>†††</sup>(正員:フェロー)

Examinations of Thermoplastic Materials for NRD Guide Using the Cut-O Circular Waveguide Method

Takashi SHIMIZU<sup>†a)</sup>, Member,  
 Yoshitsugu HIROKAWA<sup>††</sup>, Nonmember,  
 Tsukasa YONEYAMA<sup>†</sup>, Fellow, Honorary Member,  
 and Yoshio KOBAYASHI<sup>†††</sup>, Fellow

<sup>†</sup>東北工業大学 NRD-SBB 研究センター, 仙台市  
 NRD Super Broadband Research Center, Tohoku Institute of Tech., Sendai-shi, 982-8588 Japan

<sup>††</sup>日本ゼオン株式会社, 東京都  
 Zeon Corporation, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8246 Japan

<sup>†††</sup>埼玉大学地域共同研究センター, さいたま市  
 Cooperative Research Center, Saitama Univ., Saitama-shi, 338-8570 Japan

a) E-mail: shimizu@tohtech.ac.jp

あらまし 遮断円筒導波管法を用いて 9 種類の熱可塑性樹脂材料のミリ波複素誘電率測定を行い, NRD ガイド用材料としての検討を行った. その結果, シクロオレフィンポリマ樹脂を用いた NRD ガイドは, 低損失な伝送特性を有することを明らかにした.

キーワード 熱可塑性樹脂材料, 遮断円筒導波管法, NRD ガイド, ミリ波

1. ま え が き

従来, ミリ波帯における低損失伝送線路である NRD ガイドの材料として, 低損失な PTFE が用いられてきた [1], [2]. しかしながら, PTFE は化学的に安定な材料であるため, 射出成形等の量産技術の利用が困難であり, 多大な時間を必要とする切削加工により製作せざるを得なかった. この問題を解決するには, 量産技術が利用可能な熱可塑性樹脂を NRD ガイド用材料に採用することが有効である. NRD ガイド用材料に求められる条件として, 低誘電率, 低損失, 耐熱性, 良成形性, 低価格等が挙げられる. これらの条件を満たす熱可塑性樹脂の一つとして, シクロオレフィンポリマ (以下, COP) 系樹脂がある.

本論文では, 一般に入手可能な COP 系樹脂に注目し, ミリ波帯における高精度な複素誘電率測定法である遮断円筒導波管法 [3] を用いて測定を行う. 更に, その結果に基づいて, NRD ガイドを設計・製作し, その有効性を実証する.

2. 遮断円筒導波管法による複素誘電率の測定結果  
 測定に用いる共振器の断面図を図 1 に示す. この共振

器の直径  $D$  及び長さ  $H$  はそれぞれ  $7.006 \pm 0.002$  mm,  $30.981 \pm 0.145$  mm であり, 比誘電率  $\epsilon_r$  は  $74.5 \pm 1.2\%$  である. 厚さ  $t$  の誘電体平板の比誘電率  $\epsilon_r$  及び誘電正接  $\tan \delta$  は, TE<sub>011</sub> モードの共振周波数  $f_0$  及び無負荷  $Q$   $Q_u$  の測定値より求まる [3].

PTFE 及び COP 系樹脂 9 種類 (日本ゼオン社製 ZEONEX 4 種類, ZEONOR 1 種類, M 社製 2 種類, J 社製 2 種類) の複素誘電率を 28°C, 40 GHz 付近で測定した. その測定結果を表 1 に示す.

NRD ガイドの伝送損は, 主に誘電体損で決まるため, 誘電正接  $\tan \delta$  が小さいことが望ましい. また, 回路内にガン発振器等の能動素子を用いることを考慮すると, ガラス転移温度  $T_g$  は, 100°C 以上必要であ

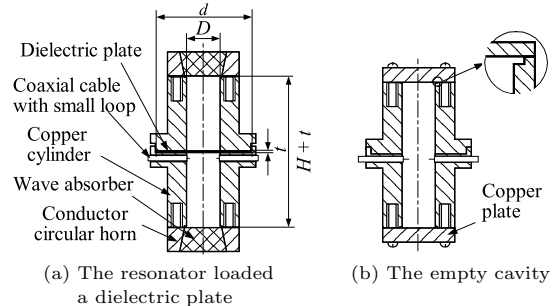


図 1 測定に用いる共振器の断面図  
 Fig.1 Cross sectional view of resonator structures used for measurements.

表 1 誘電体平板の測定結果 @28°C TE<sub>011</sub> mode.  
 Table 1 Measured results of dielectric plates @28°C TE<sub>011</sub> mode.

Material Name	$t$ (mm)	$f_0$ (GHz)	$Q_u$	$\epsilon_r$	$\tan \delta \times 10^{-4}$	$T_g$ (°C)
PTFE	1.459 ±0.007	43.636 ±0.009	3800 ±90	2.049 ±0.007	1.96 ±0.08	—
ZEONEX 480R	1.479 ±0.002	41.635 ±0.003	2480 ±60	2.307 ±0.003	3.64 ±0.13	138
ZEONEX RS420	1.482 ±0.006	41.601 ±0.012	2380 ±60	2.309 ±0.007	3.81 ±0.13	138
ZEONEX RS820	1.387 ±0.005	42.088 ±0.004	2180 ±30	2.335 ±0.006	4.50 ±0.08	138
ZEONEX E48R	1.468 ±0.002	41.578 ±0.003	1140 ±20	2.326 ±0.003	9.87 ±0.15	139
ZEONOR 1060R	1.486 ±0.004	41.367 ±0.003	1330 ±30	2.339 ±0.004	8.14 ±0.16	100
Maker M 6509T	1.482 ±0.002	41.346 ±0.004	2560 ±40	2.346 ±0.003	3.43 ±0.07	80
Maker M 6515T	1.498 ±0.004	41.126 ±0.006	2050 ±40	2.362 ±0.005	4.65 ±0.10	145
Maker J D4532	1.451 ±0.004	40.651 ±0.025	110 ±20	2.485 ±0.006	118 ±16	145
Maker J F5023	1.441 ±0.002	40.673 ±0.006	80 ±10	2.492 ±0.003	152 ±4	167

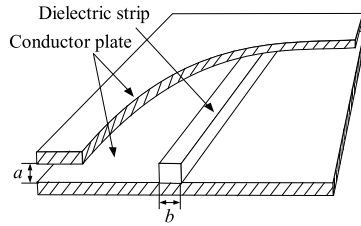


図 2 NRD ガイドの構造  
Fig. 2 The structure of NRD guide.

る．表 1 より，これらの条件を満たす COP 系樹脂は，  
ZEONEX 480R，RS420 であることが分かる．これ

Trans. Microw. Theory Tech., vol.46, no.6, pp.806–810, June 1998.

- [3] T. Shimizu and Y. Kobayashi, “Cut-off circular waveguide method for dielectric substrate measurements in millimeter wave range,” IEICE Trans.

Electron., vol.E87-C, no.5, pp.672–680, May 2004.

- [4] 沢田浩和, 米山 務, 黒木太司, “NRD ガイドバンドの新しい設計法,” 信学論(C), vol.J87-C, no.6, pp.514–519, June 2004.

(平成 18 年 4 月 3 日受付, 7 月 14 日再受付)

---