

# 銅張り誘電体積層基板に関する材料定数の測定結果を用いた マイクロストリップ線路の伝搬定数の高精度評価

吉富 了平\*, 小林 禧夫\*\*, 馬 哲旺\*

## Precise Estimation of Propagation Constants of a Microstrip Line Based on Material Constants Measured for Copper-Clad Laminate Substrate

Ryohei YOSHITOMI\*, Yoshio KOBAYASHI\*\*, and Zhewang MA\*

\*埼玉大学工学部電気電子システム工学科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)

\*\*埼玉大学地域オープンイノベーションセンター (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)

\*Department of Electrical and Electronic Systems, Saitama University (255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama-shi, Saitama 338-8570)

\*\*Comprehensive Open Innovation Center, Saitama University (255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama-shi, Saitama 338-8570)

**概要** 銅張り誘電体積層基板 AR-1000 に関して、基板の垂直・平面方向の複素比誘電率および、導体の表面・界面導電率の周波数依存性を測定した。これらの値を用いて 50  $\Omega$  マイクロストリップ線路に関する減衰定数  $\alpha$  および実効比誘電率  $\epsilon_{eff}$  を電磁界シミュレータ HFSS により計算した。この評価方法の高精度性は、1-20 GHz にわたる測定結果により実証された。さらに、誘電体損、導体損、放射損の分離評価方法を提案し、実際にこの線路について  $\alpha$  を損失ごとに定量的に評価した。これより誘電正接の異方性および周波数依存性、銅箔の表面粗加工の影響が評価可能になった。最後に、金めっき層が  $\alpha$  に及ぼす影響を定量的に評価した。

### Abstract

The authors have precisely measured the frequency dependences of the complex relative permittivity in the normal and tangential directions, as well as the surface and interface conductivities for a copper-clad laminate dielectric substrate (AR-1000) in the frequency range 4-20 GHz. In this paper, based on these measured values, we calculate the frequency dependences of the attenuation constant  $\alpha$  and the effective relative permittivity  $\epsilon_{eff}$  for a 50-ohm microstrip line (MSL) using a 3-dimensional electromagnetic simulator (HFSS). The high precision of this estimate is verified from microwave measurements for a 50-ohm MSL fabricated on the AR-1000 substrate by an etching technique. Furthermore, an evaluation technique is proposed to estimate the dielectric, conductor, and radiation losses of the MSL separately and precisely using the HFSS. Thus, the influences of the unisotropic loss tangent of the substrate and rugged surface of a copper foil on  $\alpha$  can be distinguished numerically using this technique. Finally, for a 50-ohm MSL with gold plating, the influence on  $\alpha$  is estimated from the measured value of the conductivity of the gold plating layer.

**Key Words:** *Microstrip Line, Propagation Constants, Gold Plating, Microwave Measurement, Loss Factor, Surface Roughness*