

マイクロストリップ線路の線路幅不連続部の等価回路比較

Comparison of equivalent circuit models of strip width discontinuities in microstrip lines

内藤 敬人[†] 大澤 駿^{††} 柴田 随道^{†, ††}Keito NAITOH[†] Shun OHSAWA^{††} Tsugumichi SHIBATA^{†, ††}[†] 東京都市大学 大学院総合理工学研究科情報専攻 ^{††} 同 理工学部電気電子通信工学科[†] Graduate School of Integrative Science and Engineering, ^{††} Faculty of Science and Engineering, Tokyo City University

1. まえがき

マイクロストリップ線路はマイクロ波回路の代表的な線路構造として広く利用されており、回路設計のために古くから線路不連続部の等価回路が研究されている。しかし従来データでは条件により数%の誤差を含むものがある^[1]。そこで今回、線路幅の不連続構造に着目し、複数の等価回路を電磁界フルウェーブ解析結果から導出して比較した。

2. マイクロストリップ線路幅の不連続部等価回路

図1に、対象構造のパターン図と、不連続部の影響を表現する3種類の等価回路を示す。電磁界解析ソフト Sonnet を用いてこれを解析し、得られた不連続部の散乱行列 S を縦続行列 F へ変換して等価回路の F 行列と比較し回路素子値を抽出した。その結果、図1(1)の T 型、(2)の π 型等価回路では、モデルの精度は良いが $W_1=W_2$ 近傍で回路素子値が発散するとともに負値となることが判った^[2]。そこで新たに T 型の W_2 側のインダクタンスを取り除いた(3)の逆 L 型等価回路にて線路不連続部を表現することを試みた。

3. 逆 L 型等価回路

逆 L 型回路の F 行列は次式のように導ける。

$$F \equiv \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \omega^2 L_s C_p & j\omega L_s \\ j\omega C_p & 1 \end{bmatrix}$$

従って、電磁界解析より求めた F 行列の要素 B から L_s を、要素 C から C_p を算出することができる。結果として図2、図3に示すように等価回路定数が線路幅とともに連続的に変化し、発散することのない等価回路となることが確認された。さらに、次式で定義する等価回路モデルの誤差精度を評価し、表1に T 型等価回路との比較を行った。ここで、電磁界解析結果の散乱行列 S 、等価回路による散乱行列 \bar{S} とする。

$$Error \equiv \sum \Delta S_{ij} = \sum_{i,j=1}^2 |S_{ij}(\omega) - \bar{S}_{ij}(\omega, C_p, L_1, L_2)|$$

結果として、誤差精度が1桁変化するものの実用するに問題ない精度で抽出できていることが確認された。

4. まとめ

マイクロストリップ線路幅不連続部の電磁界解析の結果から逆 L 型等価回路の回路定数を抽出した。逆 L 型では回路定数が線路幅に対し連続的に変化する正值となり、精度も十分との結論を得た。

参考文献

[1] K. C. Gupta, R. Garg, and I. J. Bahl, *Microstrip Lines and Slotlines*, pp.136-140, ISBN 0-89006-074-6, Artech House, Inc., 1979.

[2] 内藤敬人, 照井啓, 柴田随道, マイクロストリップ線路幅のステップ状不連続部のモデリング, 信学技報 EST2023-8, pp.40-44, May 2023.

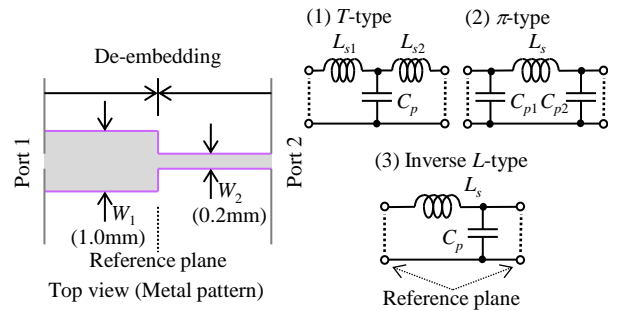
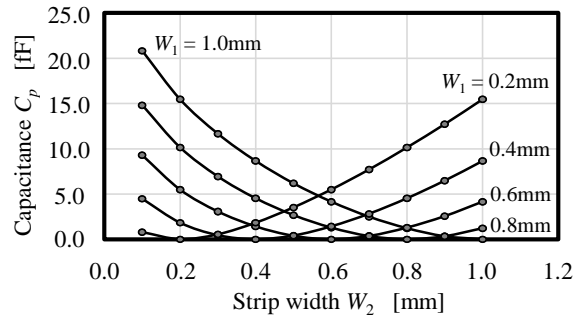
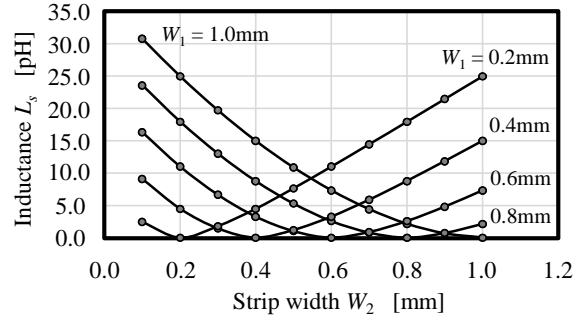


図1 マイクロストリップ線路幅不連続部と等価回路モデル

図2 逆 L 型等価回路定数 C_p の不連続幅依存性図3 逆 L 型等価回路定数 L_s の不連続幅依存性表1 T 型等価回路と逆 L 型等価回路の精度比較基板厚 1.0mm, 誘電率 9.6, W_1 1.0mm, W_2 0.2mm, 周波数 2.5GHz

T-type		Inverse L-type	
Parameters	$\Sigma(\Delta S_{ij})$ precision	Parameters	$\Sigma(\Delta S_{ij})$ precision
$C_p = 15.45$ fF	2.85×10^{-5}	$C_p = 15.45$ fF	5.43×10^{-4}
$L_{s1} = 95.86$ pH		$L_s = 24.94$ pH	
$L_{s2} = -70.94$ pH			