

多段区間線路型インピーダンス変成器設計の回路モデル高精度化

Improving the accuracy of circuit models for designing multi-stage line impedance transformers

照井 啓[†] 今村 隼人^{††} 柴田 随道^{†, ††}Kei TERUI[†] Hayato IMAMURA^{††} 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

著者等はマイクロ波・ミリ波回路設計への「群知能」応用をテーマとして、多段区間線路インピーダンス変成器のコンパクト化の検討を進めてきた^{[1][2]}。今回、寸法最適化に用いる回路モデルに線路の分散特性と不連続部の寄生効果を取り込むことで提案した設計法の精度を高める見通しを得たので報告する。

2. 提案した新設計法とその課題

従来、電気長 $\lambda/4$ の線路を多段接続したインピーダンス変成器が知られている。この場合、回路全長が $\lambda/4$ の整数倍で増大し長くなる。そこで我々は、 $\lambda/4$ より短い区間線路を多数縦続接続し、全長 D を従来設計より短く抑えつつ設計自由度を高めた回路構造を提案し、粒子群最適化手法を適用してよりコンパクトな回路の設計を実現した^[2]。

図1は10区間構成で10次元の線路幅空間で特性を最適化する例である。図2に100 Ω 負荷を50 Ω 信号源に整合させる $\lambda/4$ 3区間構成 Binomial 変成器と同等のスペックで10区間の線路幅設計を試みた結果を図示する。また、図3に全長26.25mmの設計例で信号源から負荷側を見た反射特性を青線で示した。所望帯域で良好なインピーダンス整合特性が得られたが、設計結果に基づく構造から電磁界解析を行った結果(同図黒線)との間に若干の乖離が認められた。

3. 回路モデルの高精度化

電磁界解析結果との乖離の要因として、今回の回路モデルでは区間線路の分散特性や区間線路間で生じる線路幅ステップ状変化に付随する寄生効果を見逃したことが考えられる。そこで、線路の特性インピーダンスおよび実効誘電率の周波数特性を各区間線路の縦続行列に盛り込み、線路幅の不連続部の影響も等価回路^[3]としてモデルに組み込むことでこの乖離を解消することができるかを確認した。その結果を図3に赤線で示している。この改良により、電磁界解析との乖離を大きく抑圧できる高精度な回路モデルの構築見通しが得られた。

4. まとめ

多段区間線路型インピーダンス変成器の回路モデルに線路の分散特性と不連続部の寄生効果を取り込むことで高精度化を図った。今後、このモデルを用いた最適化設計を実施する。

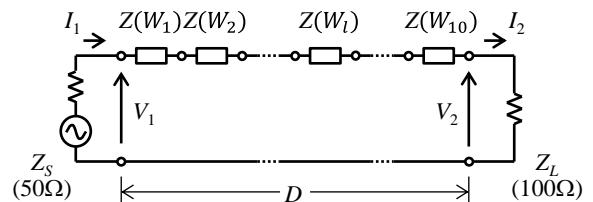
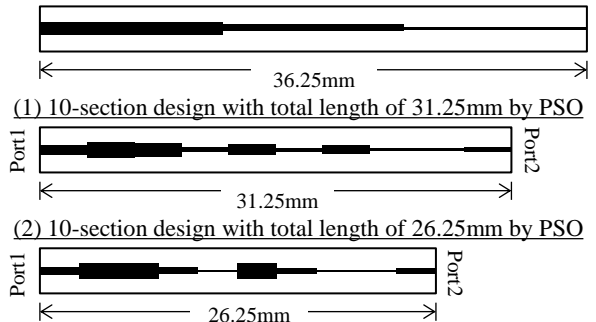
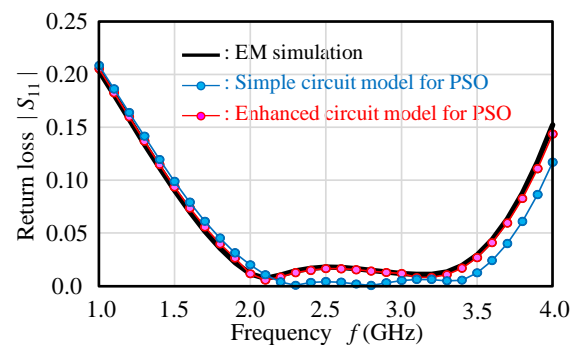
図1 $\lambda/4$ より短寸の区間線路を多数縦続接続した回路構成Reference: $\lambda/4$ 3-section binomial transformer図2 パターン設計例(基板厚1mm,誘電率9.6のMSL構成)^[2]

図3 反射特性の比較

参考文献

- [1] B. Zheng, K. Nakamura, and T. Shibata, "Particle Swarm Optimization of a Cascaded Multisection Line Impedance Matching Circuit," 2021 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2021), S2-07-1, Nov. 2021.
- [2] 照井啓, 内藤敬人, 柴田随道, 多段接続区間線路インピーダンス整合回路の設計, 信学技報 EST2023-7, pp.34-39, May 2023.
- [3] 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.