

## 短絡結合スタブを用いた有極型広帯域 BPF に関する研究

## C-2 Design of Broadband BPFs with Transmission Zeros Using Coupled Short-Circuited Stubs

吉田 竣一<sup>†</sup> 大平 昌敬<sup>†</sup> 王 小龍<sup>†</sup> 馬 哲旺<sup>†</sup>Shunichi Yoshida<sup>†</sup> Masataka Ohira<sup>†</sup> Xiaolong Wang<sup>†</sup> Zhe Wang Ma<sup>†</sup><sup>†</sup> 埼玉大学大学院 理工学研究科<sup>†</sup> Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

## 1. はじめに

近年、種々の高速大容量無線通信技術の発展に伴い、広帯域帯域通過フィルタ (BPF) が盛んに研究され、数多くの新しい構造及び設計手法が提案された<sup>[1]</sup>。なかでも、短絡スタブを用いた広帯域 BPF が注目されている<sup>[1][2]</sup>。しかし、この構造の BPF には伝送零点がなく、急峻な減衰特性が得られない。そこで本研究では、短絡結合スタブを用いる構造を提案し、通過域近傍に伝送零点を生成し、広い通過域と急峻なスカート特性を併せ持つ有極型広帯域 BPF を実現したので報告する。

## 2. 短絡結合スタブを用いた有極型広帯域 BPF の構造

図 1 に提案する広帯域 BPF の構造を示す。従来の直線構造の伝送線路部分を四分の一波長ごとに折り曲げ、矩形形状にすることで回路を小型化する。また、従来の入力側と出力側にある先端短絡スタブを結合させることで、通過域の両側に伝送零点を生成する。図 2 に提案する広帯域 BPF の伝送線路等価回路を示す。結合線路は偶・奇モード特性インピーダンス  $Z_{0e}$ ,  $Z_{0o}$ , 伝送線路は特性インピーダンス  $Z_{R1}$ ,  $Z_{R2}$ , 電気長は全て  $\theta$  で表される。伝送線路理論を用いて、この等価回路を解析し、提案した BPF の伝送零点、反射零点の設計公式を導出した。

## 3. 有極型広帯域 BPF の設計例

設計公式と最適化計算手法を元に、中心周波数 4GHz、比帯域幅 80%、通過域内最大反射損失 20dB の等リップル特性、伝送零点周波数を 1.5GHz および 6.5GHz にある 4 段 BPF を設計する。最適化計算により得られた等価回路の各パラメータは  $Z_{0e}=64.3\Omega$ ,  $Z_{0o}=34.6\Omega$ ,  $Z_{R1}=77.4\Omega$ ,  $Z_{R2}=91.5\Omega$ ,  $\theta=\pi/4@4\text{GHz}$  となっている。これらの回路パラメータを元に、比誘電率 10.2、厚さ 0.635mm、誘電正接 0.002 の誘電体基板上で電磁界シミュレータ Sonnet を用いて設計した BPF の寸法を図 3 に示す。試作した BPF を図 4 に示す。図 5 は回路シミュレータによるこの BPF の理想周波数特性と、設計した BPF の Sonnet の解析結果 (損失無) との比較を示し、両者は良好に一致している。図 6 は試作した BPF の測定結果と、フィルタの放射損失と材料損失を考慮した Sonnet の解析結果との比較を示し、両者は概ね一致している。広い通過域内でおおよそ 20dB 以上の反射損失を維持し、中心周波数における挿入損失は約 0.6dB である。通過域の両側に所望の周波数で伝送零点が発生し、急峻なスカート特性が実現できた。

## 4. まとめ

短絡結合スタブを用いた有極型広帯域 BPF を提案し、設計と測定特性が良好に一致した結果を得た。提案した BPF は小型・低損失で、広い通過域と急峻なスカートを併せ持つ特性を実証した。

**謝辞** この研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金 (17K06373) に負っていることを記し深謝する。

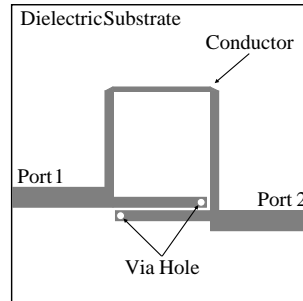


図 1 提案した BPF の構造

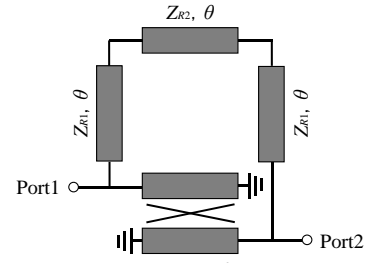


図 2 BPF の等価回路

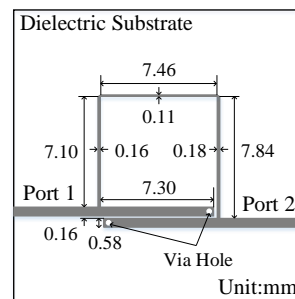


図 3 設計した BPF の寸法

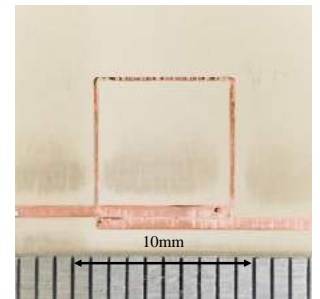


図 4 試作した BPF の写真

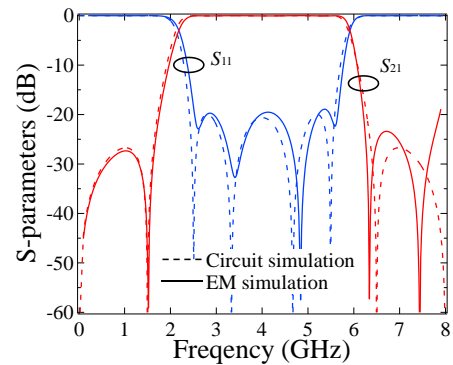


図 5 設計した BPF の周波数特性

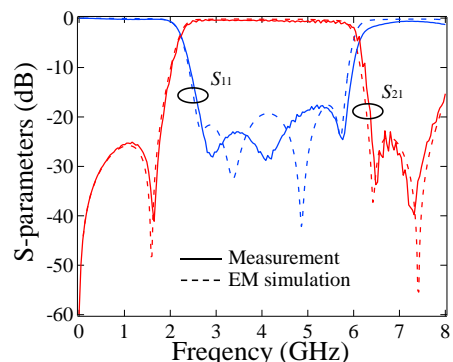


図 6 試作した BPF の周波数特性

## 参考文献

- [1] J.-S. Hong, Microstrip Filters for RF/Microwave Applications, John Wiley & Sons, New Jersey, 2011.  
[2] 瀧野,馬,大平,ほか,信学技報,vol.114,pp.125-131,Dec. 2014