

結合線路と分布定数タップ結合型共振器を組み合わせた マイクロストリップ線路広帯域BPF

Microstrip-Line Wide-Band Bandpass Filter

Using Coupled-Line and Distributed-Element Tap-Coupled Resonators

清水康隆[†] 西村 太^{††} 笹部孝司^{††} 植野嘉章^{††} 和田光司[†] 岩崎俊[†]
Y.Shimizu H.Nishimura K.Sasabe Y.Ueno K.Wada T.Iwasaki
[†]電気通信大学 ^{††}松下電工

The University of Electro-Communications

Matsushita Electric Works, Ltd.

あらまし:共振器フィルタにおける帯域外特性の改善方法の一つとして通過帯域近傍への減衰極の実現が挙げられる。しかしながら、通過帯域近傍の低域側に減衰極を実現するために、従来のスタブによる減衰極実現法を適用するとスタブ長の伸長から小型化が困難であるという問題点が生じる。そこで、本研究では結合線路による低周波帯遮断特性と分布定数タップ結合型共振器に短絡スタブを装荷した短絡部の効果に着目し、それらの共振器を用いた広帯域通過フィルタ (BPF) の検討を行った。また、同時に、分布定数タップ結合型共振器による通過帯域近傍の高域側における減衰極の実現から特性改善の検討を行った。

キーワード: 広帯域 BPF, 結合線路, 分布定数タップ結合型共振器, 小型化, 帯域外特性, 減衰極
Keyword: Wide-Band BPF, Coupled-line, Distributed-element tap-coupled resonator, Miniaturization, Out-of-band characteristics, Attenuation pole

1 まえがき

現在、UWB(Ultra Wide Band)やWiMAX(World-wide Interoperability for Microwave Access)を始めとする高速無線通信システムが注目されており、これらのシステムに対応する回路、モジュール等の開発に拍車がかかっている。その中で、フィルタやパラン等の受動回路に関しても、それぞれの国の仕様に対応した研究が国内外で盛んに行われている [1]-[7]。しかしながら、高速無線通信用として規定された周波数帯の中には既存の無線通信システムと重複するものもあるため、それを回避するために複数帯域を用いたフィルタや、既存の無線通信との共用を目的としたマルチプレクサ等、無線回路に対する要求も様々である。また、帯域外特性に関する規定に関しても同様のことが言える。

本報告では、筆者らが先に検討してきた各種共振器および基本特性の結果の中から通過帯域の低域側における減衰特性及び通過帯域近傍における減衰極、広帯域通過特性に着目し、結合線路及び短絡スタブを装荷した分布定数タップ結合型共振器を用い

た帯域通過フィルタ (BPF) について汎用回路シミュレータ (Ansoft Designer Ver.3.5:アンソフト・ジャパン社) 及び電磁界シミュレータ (Microwave Studio 2006:CST 社) により解析的に検討を行う。今回の検討結果から、結合線路及び先端短絡スタブの効果により通過帯域の低域側において、減衰極を実現せずとも特性改善が可能であることを確認した。

2 結合線路を用いた特性改善 (通過帯域の低域側阻止域)

従来は、広帯域フィルタの伝送特性において共振器の基本特性、その中でも減衰極を積極的に用いることによる通過帯域近傍の低域側における特性改善を実現してきた。しかしながら、それを分布定数タップ結合型共振器で実現させるには共振器自体のサイズが大きくなる傾向にあり、小型化が難しくなるという欠点が挙げられる。そこで、本検討では減衰極を実現せずに通過帯域の低域側における特性の改善を行うために結合線路を用いた。図 1 に結合線路の回路構成を、その伝送特性を図 2 にそれぞれ示す。結

合線路はその構造からも理解できるように、導体間の側結合によりキャパシタと同様の低周波数帯において遮断特性を得ることが可能であり、構成上チップ素子等を用いずにパターンのみで製作することができる。また、この特性傾向は結合線路を複数段縦続に接続することで更に強めることができる。キャパシタと異なる点としては共振周波数及び減衰極を実現可能な点が挙げられる。また、これらは結合線路の線路幅及び線路長の変化により得ることができる。結合線路を用いる際の問題点として、例えば共振周波数をより低域側に実現したい場合、線路長の伸長によりサイズが大きくなる点や、大きなキャパシタンス値を得たい場合、導体間を接近させる必要があるが、物理寸法の制約からある程度のキャパシタンス値しか得られないことが挙げられる。

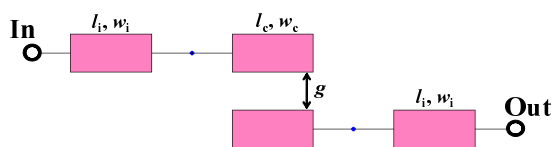


図 1: 結合線路

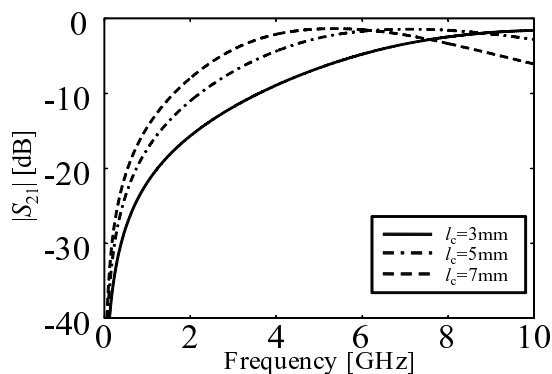


図 2: 図 1 に示した回路構成の伝送特性

3 短絡スタブを装荷した分布定数タップ結合型共振器

図 3 に短絡スタブを装荷した分布定数タップ結合型共振器の回路構成を、その伝送特性を図 4 にそれぞれ示す。結合線路の他に、通過帯域の低域側における特性改善の方法として、短絡スタブによる改善が挙げられる。そこで、分布定数タップ結合型共

振器に短絡スタブを装荷した共振器について検討を行った。

図 4 に図 3 に示した共振器の短絡スタブ長 l_s を変化させたときの特性を示す。図 4 に示した結果より、従来検討してきた一端短絡分布定数タップ結合型共振器 [7] と同様、共振周波数の高域側に減衰極を実現していることが確認できる。また、短絡スタブの短縮に伴い、共振周波数の低域側阻止域における減衰特性の改善が確認できる。この減衰特性改善は、一端短絡分布定数タップ結合型共振器のそれよりも高減衰特性を得ている。これはスタブ長 l_s が短くなることから、短絡部 (Via) がより入出力線路に近くなったためと考えられる。それとともに、短絡スタブの線路幅の変化においても低域側の特性抑制が確認できる。これらのことから、短絡スタブの線路長及び線路幅の変化により、信号の伝達が影響すると考えられる。

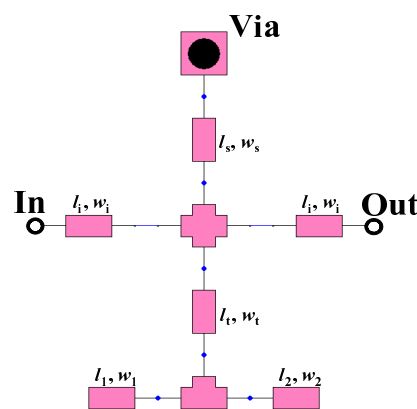


図 3: 短絡スタブ装荷分布定数タップ結合型共振器

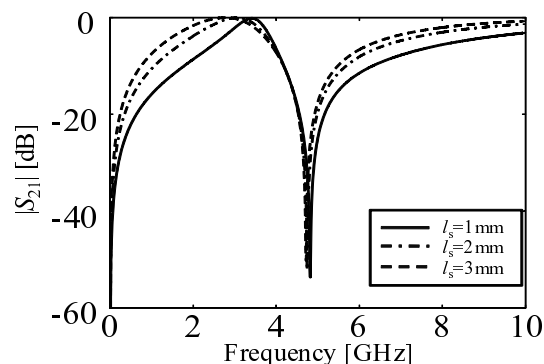


図 4: 図 3 に示した共振器の伝送特性

共振器のサイズに関しては、短絡スタブと分布定

数タップ結合型共振器により一端短絡型の $\lambda/4$ 共振器とみなせるため、スタブ部に短絡をした一端短絡分布定数タップ結合型共振器よりも小型であることが確認できる。しかしながら、短絡スタブによる共振周波数の低域側の阻止域における影響が大きいこと、共振周波数の高域側近傍に減衰極が実現することから、一端短絡分布定数タップ結合型共振器と異なり、超広帯域特性を有するフィルタへの適用は困難であると考えられる。

4 広帯域フィルタ

図5に結合線路と分布定数タップ結合型共振器を用いた広帯域BPFの回路構成を示す。回路には先に述べた結合線路を2段と、短絡スタブを装荷した分布定数タップ結合型共振器を2段用いた。図6に図5に示したBPFの回路パターンを示す。また、図7に図5に示したBPFの電磁界シミュレータによる解析結果及び、回路シミュレータによる計算結果を併せて示す。

図7に示した結果より、通過帯域外の低域側において減衰極を実現せずに S_{21} 特性において通過帯域近傍において-20dB程度の減衰量を実現できていることが確認できる。また、通過帯域以外の高域側においても S_{21} 特性が約9GHzまで最大-20dBの減衰量を実現していることが確認できる。このことから、従来の分布定数タップ結合型共振器では約-15dB程度程度であったが、結合線路及び短絡により高減衰を可能とし、共振器の性能が向上したことが確認できる。図7に示した特性において、計算と解析結果の差異として、約5GHz付近における減衰極が挙げられる。また、計算結果に対して、解析結果は減衰量が減少している。これはViaの形状の違いやパターンレイアウトなどが原因として考えられるが、現在それについて明確になっていない。

図8に図6に示した回路パターンを小型化するため線路の一部を折り曲げた回路パターンを示す。また、図9に図8に示した回路構成の回路シミュレータの計算結果及び電磁界シミュレータによる解析結果を、さらに図10に図8に示した回路パターンにおいて4GHzにおける電流分布を、それぞれ示す。

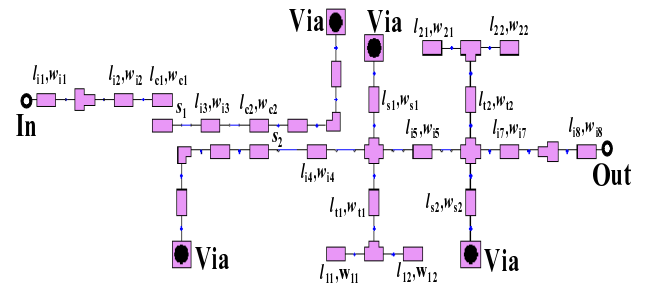


図5: 広帯域BPFの回路構成

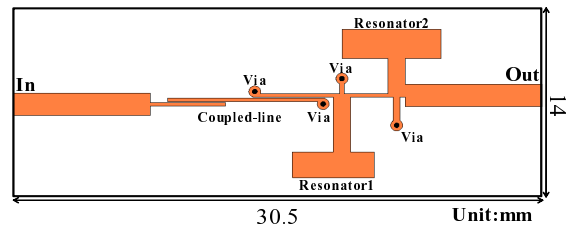


図6: 図5に示したBPFの回路パターン

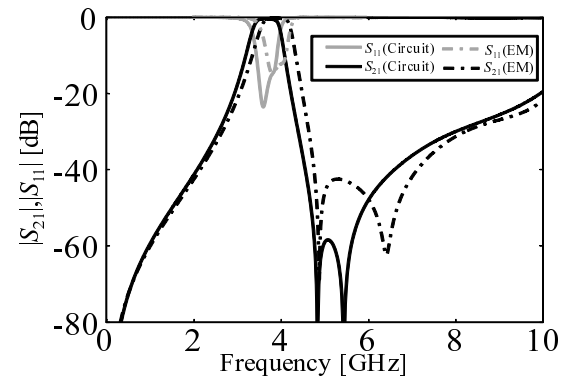


図7: BPFの伝送特性

図9に示した結果より、通過帯域の高域側阻止域において、回路シミュレータによる計算結果で得られた減衰極2つが電磁界シミュレータによる解析結果では確認できない。しかしながら、計算結果と比較すると通過帯域高域側における特性は多少悪化しているものの、減衰量は-40dB程度を実現している。また、図7に示した特性と同様に通過帯域低域側において、結合線路及び短絡スタブによる特性改善は汎用回路シミュレータの計算結果、電磁界シミュレータの解析結果ともに確認できる。

5 まとめ

広帯域BPFとして、結合線路及び短絡スタブ装荷分布定数タップ結合型共振器を用いることで、減衰極を実現せずに帯域外特性の低域側における特性

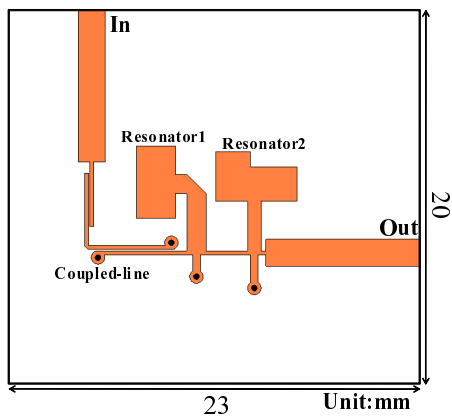


図 8: 折り曲げた BPF の回路パターン

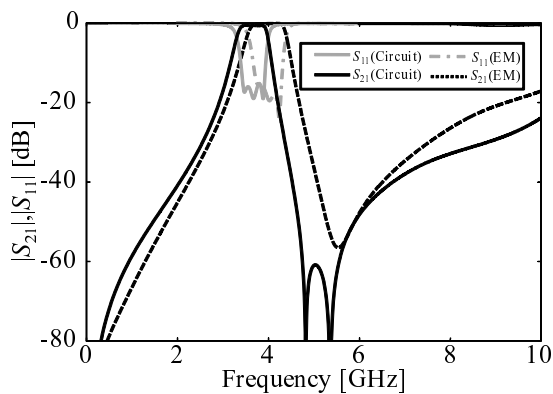


図 9: 図 8 に示した BPF の伝送特性

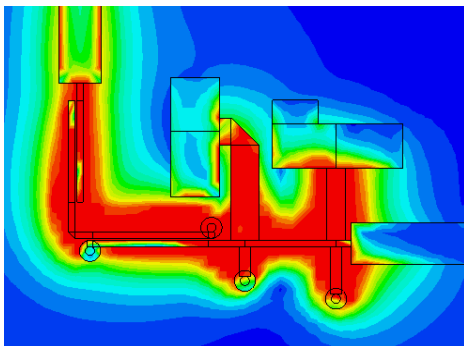


図 10: 図 8 に示した BPF の電流分布 (4GHz)

改善を行った。また、短絡スタブ装荷分布定数タップ結合型共振器を用いる事で従来の一端短絡分布定数タップ結合型共振器と比較して、共振器の小型化が可能となった。今後の課題として、パターンレイアウトによる計算結果との差異の改善、試作実験による特性の検討などが挙げられる。

謝辞

本研究において、貴重なご意見を頂いた株式会社エーイーティーの田辺英二氏、清野幹雄氏、ミッツ株式会社の道間健一氏にこの場を借りて感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 石田等, “ UWB システム用超広帯域パッシブ帯域通過フィルタの開発, ” MWE 2004 Microwave Workshop Digest, pp.157-162, Nov. 2004.
- [2] 石田等, 荒木純道, “ リングフィルタの特性解析と多段接続法の検討, ” 信学論 C, Vol.J89-C, No.6, pp.394-401.
- [3] 青木元, 里見伸明, 齊藤昭, 本城和彦, “ UWB アンテナ用平衡モード結合 4 線路バンドパスフィルタ, ” 2005 年信学総大, B-1-80, Mar.2005.
- [4] 李可人, 栗田大輔, 松井敏明, “ ブロードサイド結合構造を用いた超広帯域バンドパスフィルタ, ” 信学技報, pp.31-36, May.2005.
- [5] 青木幹雄, 岡戸広則, 安田寿博, 関根英行, 渡邊聡, “ UWB 通信システム用超小型セラミックフィルタと周辺広帯域デバイス技術, ” MWE 2005 Microwave Workshop Digest, pp.397-402, Nov. 2005.
- [6] Tatsuya Fukunaga and Kouji Wada, “ A Compact Multilayered Balanced Filter using Resonators based on Interdigitally-Coupled Lines, ” Proc. of Asia-Pacific Microwave Conference, FR1B-5, pp.1443-1446.
- [7] 谷井宏成, 和田孝司, 西村太, 笹部孝司, 植野嘉章, 岩崎俊, “ 分布定数タップ結合型共振器と短絡スタブを併用した共振器による広帯域 BPF の小型化, ” 信学論 (C) (掲載決定)

連絡先

連絡先氏名 和田光司
 所属機関 電気通信大学電気通信学部電子工学科
 所在地 〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1
 電話番号 042-443-5212
 FAX 番号 042-443-5212
 E-mail wada@ee.uec.ac.jp