

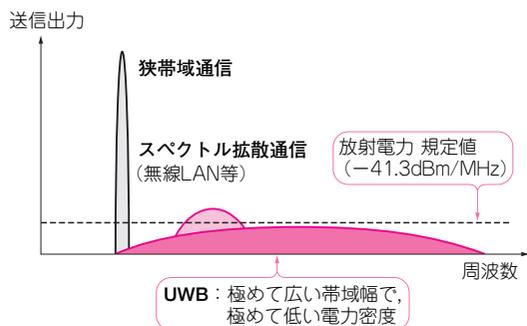
新しい動作原理で考案された 超広帯域フィルタ回路

リング・フィルタの動作原理と UWB用BPFの設計試作

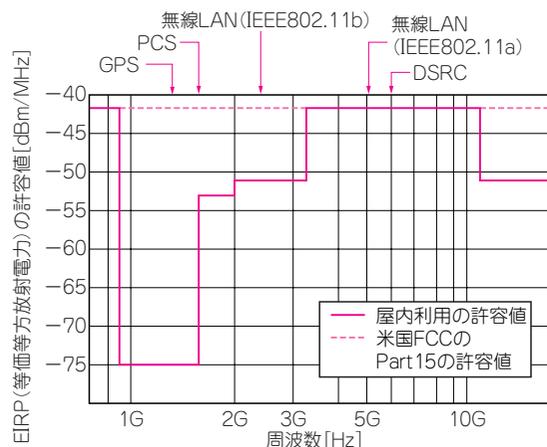
石田 等
Hitoshi Ishida

UWBに求められる低損失、低リプル、 一定群遅延を実現しつつ、比帯域 100%を越える新発想のフィルタ

通信用バンドパス(帯域通過)フィルタが高性能であるとは「通過帯域において低損失、低リプル、一定群遅延が満たされていること」をいいます。とくに、信号の波形ひずみを少なく抑えるためには、一定群遅延であることが必要です。



〈図1〉無線通信方式と占有帯域幅



〈図2〉UWB通信で使われるスペクトル・マスクと他の通信用周波数帯

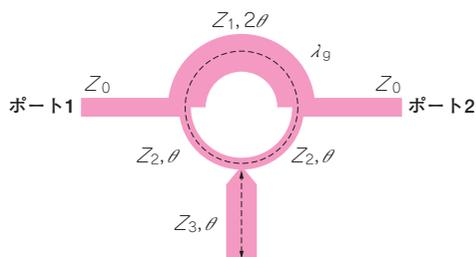
図1に示すように、今日までの通信は限られた狭い周波数帯域を使って通信を行うため、狭帯域フィルタが主に研究されてきました。しかし、スペクトラム拡散通信やUWB(Ultra Wide-Band)のように広帯域を使って通信が行われるようになり、100 Mbpsを越える高速無線伝送が可能となってきました。たとえばUWB通信で使われるバンドパス・フィルタは、図2のように通過帯域として3.1~10.6 GHzを満足しなければなりません。しかし、このように比帯域(通過帯域/通過中心周波数)が100%を越えるバンドパス・フィルタは、従来ありませんでした。

私は、周波数依存性をもつ3端子回路を研究中に、偶然これから述べるリング・フィルタを発見しました。本稿では、まずリング・フィルタの構造と周波数特性について説明し、次にリング・フィルタの設計式と多段接続法について述べます。

リング・フィルタの構造

図3のようにリング・フィルタは、リング部と開放スタブで構成されます。入力ポートと出力ポートは、直接リング部につながっています。

リング部は、リングの中心に対し、左右対称です。リング部の実効長は、通過中心周波数で1波長の長さ λ_g です。リング部の特性インピーダンスは、リング部の中心に対して上下に分かれ、リング上部で Z_1 、リング下部で Z_2 であり、長さはおもに $\lambda_g/2$ 、つまりリング部全体の有効長は λ_g になります。



〈図3〉リング・フィルタの基本構成

また、開放スタブの取り付け位置は、リング下部で左右対称な位置です。つまり、入力ポートからリング下部(特性インピーダンス： Z_2)へ長さが $\lambda_g/4$ の位置に配置します。開放スタブの特性インピーダンスは Z_3 、長さは $\lambda_g/4$ です。

では、このような構造をもつリング・フィルタとは、どのような周波数特性をもつのでしょうか？

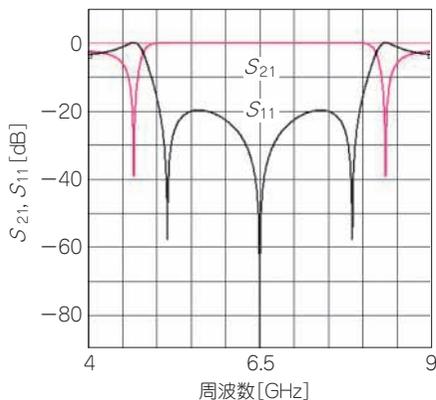
リング・フィルタの周波数特性

■ 通過域が低損失で非常に平坦かつ群遅延一定

図4は、通過中心周波数6.5 GHzに設定したリング・フィルタの周波数特性です。図から減衰周波数が、通過中心周波数6.5 GHzに対し対称な周波数位置に二つできます。これら二つの減衰周波数間では、通過損失が少なく低損失で、非常に平坦であることがわかります。また、この減衰周波数間では、群遅延特性も一定です。

これらの特性に対して以下の疑問が生じます。

- なぜリング・フィルタの減衰周波数は、二つあるのか？
- なぜリング・フィルタの減衰周波数は、通過中心周波数にないのか？
- なぜリング・フィルタの減衰周波数は、通過中心周波数と対称な周波数間隔にあるのか？
- なぜリング・フィルタの減衰周波数間では、通過損失が少なく低損失なのでしょう？
- なぜリング・フィルタの減衰周波数間では、通過特性が平坦なのか？
- なぜリング・フィルタの減衰周波数間では、群遅延特性が一定なのか？



〈図4〉 通過中心周波数6.5 GHzに設定したリング・フィルタの周波数特性

■ 新しい現象と動作原理にまつわる疑問を解き明かす！

これらの疑問を解き明かすには、リング・フィルタを解析しなければなりません。つまり、新しい現象の発見があり、現象の解析を行い、設計式を導くのです。もし設計式を導けなければ、あなたの新しい発見は、偶然でしかありません。設計式を導いて初めて、あなたの発見は、「何時でも・何処でも・誰でも再現できる発明」となるのです。

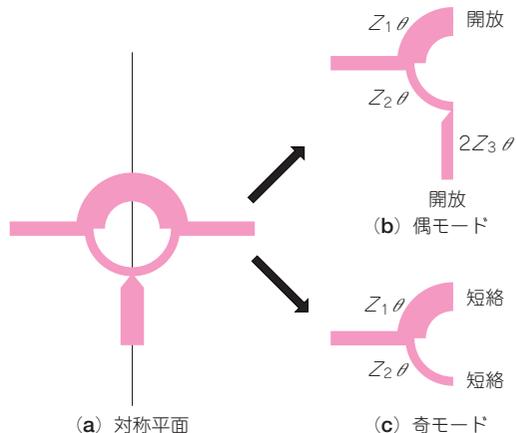
読者の皆さんの多くは「高周波回路の設計とは、回路シミュレータで行い、電磁界シミュレータで確認し、とくに周波数特性に問題がなければ、回路パターンを製作する。製作した回路パターンを実測評価し、問題がなければ、製品として出荷し、設計者の仕事は終わる」と思っていないですか？このような仕事は、回路シミュレータや電磁界シミュレータの検証を行っているだけなのです。あなたは、回路シミュレータや電磁界シミュレータの初期値モデルを文献や他社の回路で探しているだけではありませんか？

他社の回路をまねていると、訴えられるかもしれません。今までにない周波数特性を実現するには、今までにない回路を考える必要があります。

リング・フィルタの解析

■ 偶奇モード解析

リング・フィルタの回路構造が左右対称であるため、偶奇モード解析により、1端子回路に変換できます。リング・フィルタの偶奇モードの等価回路を図5に示します。



〈図5〉 リング・フィルタの偶モードと奇モードの等価回路