

RF フィルタの基礎

Gary Cox, Field Applications Engineer, Mini-Circuits Japan

RFフィルタは、RF回路やシステムの中で最も重要で、幅広く使われているコンポーネントの1つです。また、トポロジ構造や設計手法、製造技術が多種多様にわたるため、理解することが容易ではないものの1つです。このアプリケーションノートではRFフィルタの主要なパラメータとテクノロジーの概要を一つにまとめて、Mini-Circuits製品の実例とフィルタのカタログを案内するためのガイダンスとともに提供します。

主要なパラメータ

挿入損失	
単位	dB
定義	フィルタの入出力間の電力差
測定方法	<ul style="list-style-type: none">2ポートVNAで測定:<ul style="list-style-type: none">S_{21}
備考	挿入損失は次の3つの要因により発生します: <ol style="list-style-type: none">入力インピーダンスの不整合出力インピーダンスの不整合フィルタ構成素子内のエネルギー散逸
通過帯域	
単位	Hz (範囲)
定義	フィルタの挿入損失が規定値より小さい値になる周波数範囲。Mini-Circuits社のほとんどのローパスフィルタは1dBで通過帯域を規定しています。

減衰帯域	
単位	Hz (範囲)
定義	挿入損失が規定値より大きい値になる周波数範囲。Mini-Circuits 社では多くの場合規定値に 20dB または 40dB を採用しています。
遷移域	
単位	Hz (範囲)
定義	通過帯域と減衰帯域の間の周波数範囲。
カットオフ周波数	
単位	Hz
定義	挿入損失が 3dB になる周波数。
注	コーナー周波数とも呼ばれます。
中心周波数	
単位	Hz
定義	<ul style="list-style-type: none"> フィルタの通過帯域 (BPF の場合) または減衰帯域 (BSF の場合) の幾何中心。 f_1 および f_2 がバンドパスフィルタのカットオフ周波数を表す場合、中心周波数は以下のようになります: $f_c = \sqrt{f_1 * f_2}$ 帯域幅 ($f_2 - f_1$) と中心周波数 f_c の比が小さい場合、f_c は f_2 と f_1 の算術平均とほぼ等しくなります。
注	ハイパスおよびローパスフィルタには適用されません。

群遅延	
単位	ns (周波数に関して)
定義	<p>群遅延は、角速度に対するアンラップされた(拡張された)位相オフセットの微分です:</p> $\tau_g = \frac{d\phi}{d\omega}$ <p>群遅延の計算では微分により線形位相シフト成分が効果的に「除去」され、電気長と周波数に由来する理論的な遅延ではない遅延分だけが残ります。群遅延 - すなわち次数の高い位相遅延成分は、周波数の違いで発生する通過時間の変動を表し、位相ひずみの原因となります。群遅延がゼロの理想的な場合では、入力信号のすべての周波数成分は同じ時間だけ遅延するため、位相ひずみはゼロになります</p>
測定方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 2ポートVNAで測定: <ul style="list-style-type: none"> ○ S₂₁ ○ 群遅延測定モード
注	群遅延図は、測定に使用する測定器のアーチチャに依存します。
比帯域	
単位	無次元 (%)
定義	<p>中心周波数に対する通過帯域の帯域幅を示す図式:</p> $FBW = \frac{f_2 - f_1}{f_c}$ <p>f₂ は上側カットオフ周波数, f₁ は下側カットオフ周波数, f_c は中心周波数です。</p>

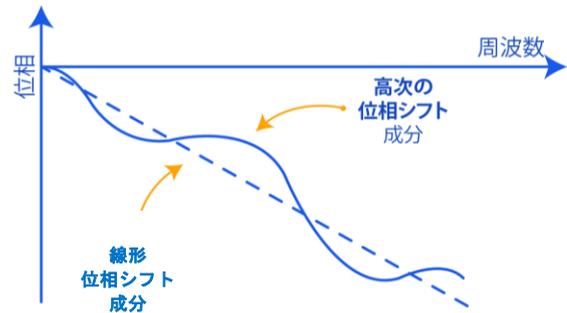


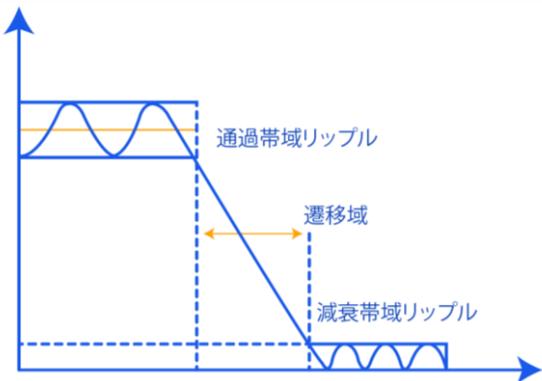
図1: 線形位相遅延は、電気長により破線のように示される。高次成分を含む実際の位相遅延は、黒の実線で示される。群遅延は、黒の実線を周波数で微分したものになる

注	比帯域 (FBW) は F_{low} と F_{high} の算術差には関係なく、相対的に帯域幅を表すことができるため便利です。例えば、UHF 帯のシステムで 1000MHz というのは非常に大きな FBW を表す場合がありますが、ミリ波帯では同じ帯域幅でも非常に小さい FBW になります。FBW はスケールに関係なく帯域幅を把握するのに役立ちます。
----------	---

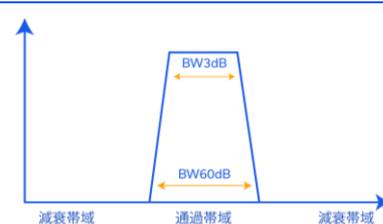
減衰度

単位	dB
定義	通過帯域外信号の減衰を示し、通過帯域の挿入損失を基準として dB で表します。

リップル

単位	dB
定義	 <p style="text-align: center;">図2: 通過帯域と減衰帯域リップル</p> <p>通過帯域または減衰帯域内における最小挿入損失と最大挿入損失の差。</p>
注	減衰帯域リップルは帯域外リップルとも呼ばれます。

シェイプファクタ

単位	無次元
定義	<p>理想フィルタと比較した形状の係数。 計算方法は</p> $SF = \frac{BW_{60dB}}{BW_{3dB}}$ <p>シェイプファクタ 1 とは、垂直な遷移域で完全な選択度（現実には存在しない）を持つフィルタです。 シェイプファクタが大きくなるほどスカートの裾は広がります。</p>  <p style="text-align: center;">図3: フィルタのシェイプファクタは、3dB と 60dB の帯域幅から計算する</p>

VSWR	
単位	無次元
定義	<p>反射が生じる各ポートにおいて、Z_0 からの偏差を示す比率。VSWR 1.0:1 はポートで反射された電力がないことを示し、∞:1 は電力が全反射されたことを示します。</p> $VSWR = \frac{1+ \rho }{1- \rho } \quad \rho \text{ は反射係数を示す: } \rho = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$
測定方法	<ul style="list-style-type: none"> • 2-port S_{xx} VNA 測定 (望ましい) • 他のポートを終端した 1-port VNA 測定
注	<p>リターンロスとして表示することもできます。iOS と Android の両方で利用できる Mini-Circuits 社の計算アプリでは VSWR とリターンロスの変換ができます (さらに、マイクロ波エンジニアの方に役立つ機能をご用意しています)。</p>
定格電力	
単位	dBm (または W)
定義	フィルタに安全に供給できる最大電力。
注	<p>温度ディレーティング</p> <p>反射フィルタでは、減衰域の電力は反射して吸収されないため、帯域内のみで定格電力が規定される場合があります。</p>

テクノロジー

集中定数

集中定数フィルタはディスクリートのコイルとコンデンサ("LC")で構成されます。これは互いに受動素子であり、理想的には無損失（非散逸性）で、これは減衰帯域の周波数を反射（吸収されるのではなく）するという事です。

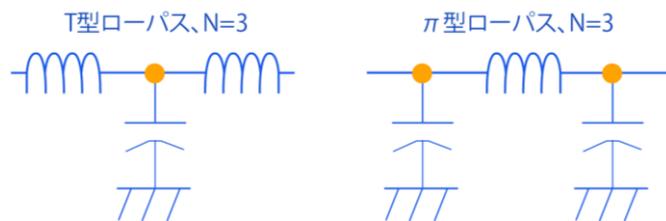


図4: 3 次の集中定数ローパスフィルタ

図4に集中定数によるT型および π 型ローパスフィルタの例を示します。フィルタ内のそれぞれのリアクタンス素子は全周波数応答の極またはゼロ点に相当し、信号に遅延が発生します。従って、これらはまとめて遅延素子と呼ばれます。入力がフィルタを通ると、出力は現在の入力に現在より前の入力と出力が合成されたものになります。これら現在より前の信号成分は、遅延素子によって遅延された信号に他なりません。

フィルタの次数

フィルタ内の遅延素子の数はフィルタの次数を表します: 図4に示す各フィルタにはこの遅延素子が三つあるため、これらは3次フィルタと呼ばれます。

図5に示すように、フィルタの次数が増えるとそのロールオフ（減衰の急峻さ）が増加します。

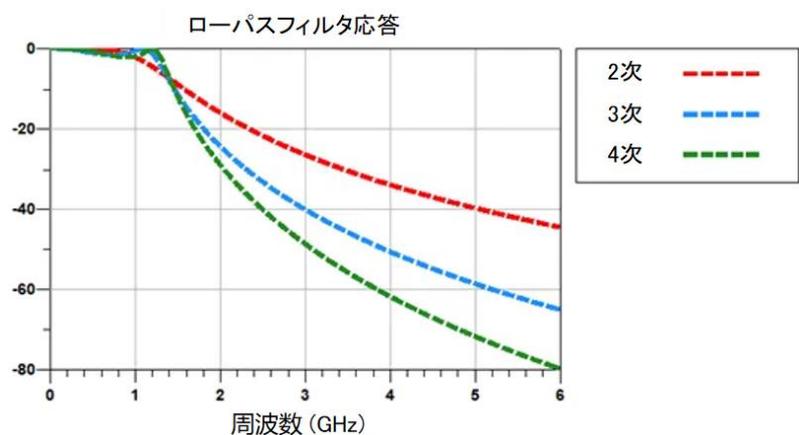


図5: LPF の次数を上げると急峻なロールオフになる

集中定数フィルタは以下のようにカスケード接続することにより任意の次数にすることが可能です：

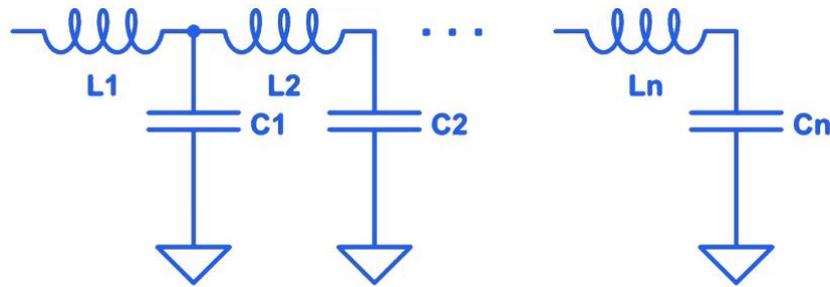


図6: n 次のカスケード集中定数ローパスフィルタ

フィルタ技術の基本として

集中定数フィルタは、より複雑なフィルタ設計においても基本となります。最も複雑なタイプのフィルタであっても、集中定数フィルタの等価回路として表現することができます。ただし、集中定数素子による設計では、素子の大きさが使用する信号の波長に比べてはるかに小さい場合のみ機能します。したがって、非常に高い周波数では集中定数でフィルタを構築することはできませんが、高周波で使用できるフィルタを理論的に表現するときに役立ちます。

自作可能なのに、なぜ敢えて Mini-Circuits から購入するのですか？

自作する代わりに集中定数フィルタを購入する利点として：再現性、予測できる性能、使いやすさ、トラブルシューティングのしやすさが挙げられます。自作フィルタは、システム設計のサイクルに工程時間とコストが追加されるため、思ったよりも高価になる可能性があります。Mini-Circuits は集中定数フィルタの設計、製造、および出荷において数 10 年にわたる経験と専門知識を持っていて、1 億個以上を出荷しています。

長所と短所

集中定数フィルタは、狭帯域と大電力を必要としない 6GHz 以下の周波数に適しています。

長所	短所
低い周波数帯での使用に適する	狭帯域の実現は困難
小さいフットプリント	高周波では実現困難
広帯域で機能する (10–90%)	L と C の値が限定的
LPF に適する (寄生発振は高い周波数で発生)	大電力には対応できない
	kHz オーダーの周波数では大きくなるため設計困難

キャビティ

キャビティフィルタは一つまたは複数の金属キャビティが使用され、各キャビティ内部の正確な物理的寸法で配置されたシリンダ（共振器）やネジなどの金属突起物によりキャビティのフィルタ応答をチューニングします。キャビティの両端には結合ループ、すなわちアンテナとして動作する入力または出力の中心導体に接続されたワイヤがあります。RF 入力は最初の結合ループからチューニングされたキャビティに放射されます。キャビティの共振によりフィルタ応答が決まり、反対側の結合ループでフィルタリングされた周波数だけが受信されます。他のすべての周波数は反射されて入力側に戻ります。

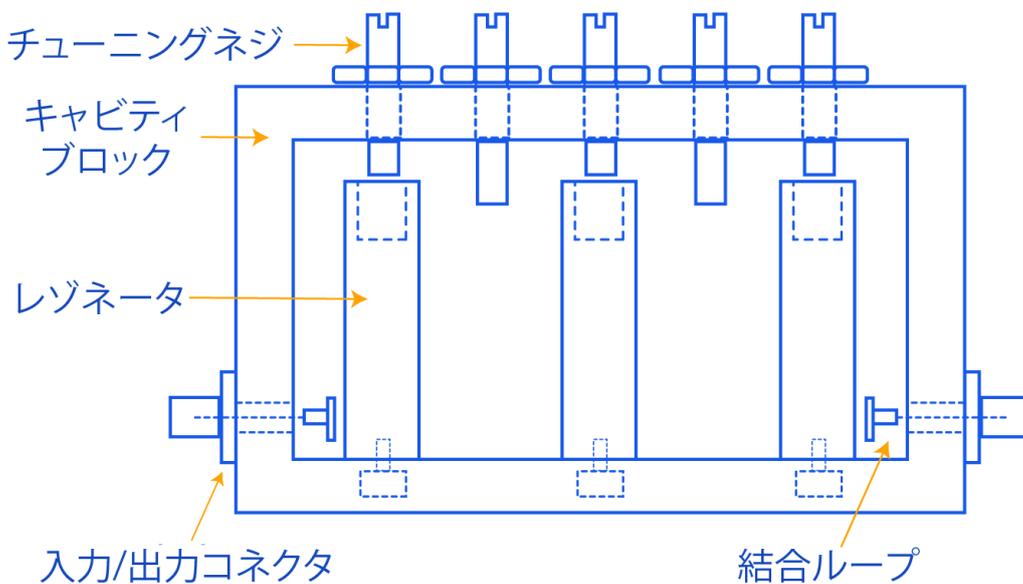


図7: キャビティフィルタ内部

図7にキャビティフィルタ内部の一例を示します。キャビティ部分は金属ブロックから切削されます。キャビティ内部のシリンダとチューニングネジにより共振回路が構成され、性能は工場内で微調整されます。

キャビティの共振特性、言い換えればフィルタの性能は物理量の変動に敏感です。ケースを開けると、チューニングネジを少し動かしただけでもチューニングは変わります。Mini-Circuits社のキャビティフィルタは事故によるチューニングのずれを防止するために独自の保護機構を採用して設計しています。

キャビティの物理的体積が大きくなるとフィルタのQが増加し、キャビティ内のシリンダ長を伸ばすとフィルタの中心周波数の波長が長くなります。従って、フィルタの中心周波数が低いほど、またはQが高いほどフィルタは大きくなります。

長所と短所

キャビティフィルタは数百ワットの電力を扱うことができ、挿入損失は最も小さく、減衰量が大きい鋭い選択度のフィルタになります。5GHzを超えると非常に狭帯域で小型にできますが、1GHz以下では大型になって製造にはCNC加工と高度なチューニング技術が必要になるためいずれの場合でもコストがかかります。

長所	短所
挿入損失に優れる	広帯域化は困難
優れた減衰特性	低周波 (<1GHz)では実現困難なほど大型になる
高周波 (>5GHz)では小型化が可能	周波数が低くなるほどサイズと質量が増加
非常に狭帯域にできる	高価格
大電力に対応できる	
正確な周波数にチューニングできる	

マイクロストリップライン/ストリップライン

マイクロストリップラインあるいはストリップラインフィルタは、容量やインピーダンスをプリント基板のパターン形状によって分布定数として機能させるフィルタです。

ストリップラインにはさまざまな幾何学パターンが考えられ、対応する同等の集中素子回路があります。例えば、図8と9はスペクトラムアナライザの回路基板の例で、マイクロストリップフィルタが回路基板に印刷されています。「ヘアピン」型はバンドパスフィルタとして、「ボウタイ」型はローパスフィルタとして作用します。

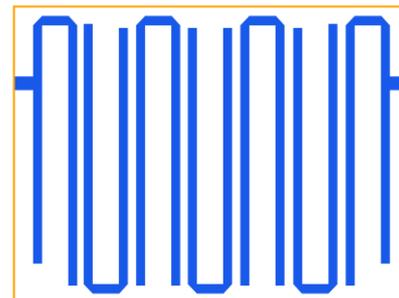


図8: マイクロストリップヘアピン BPF



図9: マイクロストリップ ボウタイスタブ LPF

ハイパスフィルタはありません

マイクロストリップ/ストリップラインフィルタで真のハイパスフィルタを設計することは、不可能ではないにしても非常に困難です。「明らかに」ハイパス動作をするように見えるフィルタ（図10のような容量性ギャップフィルタなど）であっても、高周波的にはバンドパスフィルタであることがわかります。



図10: マイクロストリップ容量性ギャップフィルタはハイパスフィルタではなくバンドパスフィルタになる

長所と短所

マイクロストリップとストリップラインでは軽量に設計でき、広帯域、狭帯域の両方に対応できますが、挿入損失が大きくなります（選択度と通過帯域幅に応じて1-4 dB、（帯域幅が狭くなるほど挿入損失は大きくなる）。減衰特性もそれほど大きくはなく、通常は-25dBcから-40dBcの間になります。対応できる電力も一般的には数10W程度に制限されます。また、UHF以下の周波数では実現困難なほど大型になります。

長所	短所
軽量 狭帯域・広帯域に対応	挿入損失が大きい (1-4 dB) 減衰特性が良くない 対応できる電力が数 10W に制限される UHF 以下では非実用的な大きさ

セラミック共振子

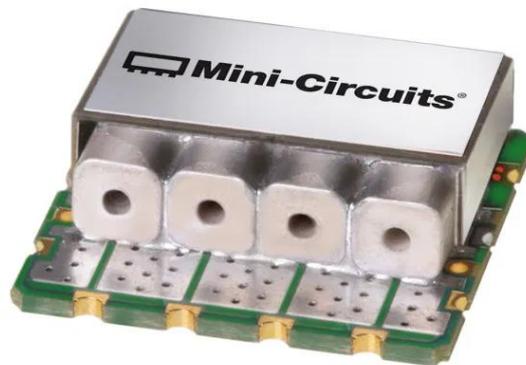


図 11: Mini-Circuits 製セラミック共振子

セラミック共振子フィルタは、セラミック同軸共振子を使用します。各共振子は基本的には同軸コネクタの短い一部分です。各共振子の一端はオープン、もう一端はショートになっていて、キャビティフィルタと同様に、各共振子は並列 LC 共振器として機能しますが、キャビティフィルタのように自由空間での共振を利用するのではなく、セラミック共振子フィルタの共振はセラミック材料の圧電効果を利用しています。

エネルギーは、一つの共振器から次の共振器に結合され、共振器の間にはコンデンサがあります。

結合するエネルギーの量はコンデンサの大きさによって決まり、これによりフィルタの帯域幅が決まります。

この技術は、伝送線路（共振器）とディスクリットコンデンサの両方を使用するため、分布定数と集中定数素子の複合技術と見なすことができます。

長所と短所

セラミック共振子の最大の利点は、大きく急峻な減衰量（高いQ）と通過帯域にリップルがないこと、および挿入損失が非常に小さいことです。セラミック共振子にはかなり大きな電力を供給することができますが、一般的にはキャビティフィルタよりも小さく、キャビティフィルタほど大電力には対応できません。

長所	短所
非常に小さい挿入損失	キャビティフィルタと同程度の電力は扱えない
非常に大きい減衰量	かなり高価
高いQ	
帯域内にリップルがない	

サスペンデッドサブストレート

サスペンデッドサブストレートは、エアストリップラインまたはサスペンデッドストリップラインとも呼ばれ、周囲の空気を誘電体として利用するストリップラインの一種です。導体は空気中に吊り下げられた形の非常に薄い基板に印刷されています。電界の大部分が空気中であって誘電損失が非常に低くなるため、サスペンデッドサブストレートを使用したフィルタはQが大きく、低損失になります。

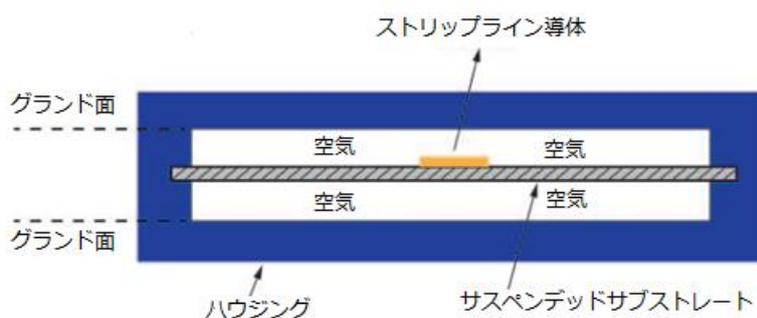


図 12: サスペンデッドサブストレートストリップラインの断面図

長所と短所

サスペンデッドサブストレートの技術では、通過帯域をカットオフ周波数の最大 8 倍にすることができます。

減衰帯域もカットオフ周波数の最大 8 倍にすることができます。通過帯域内の挿入損失は通常 1dB 未満であり、ローパスとハイパスをカスケード接続した場合、最大 160%の比帯域が実現できます。

大きい Q と低損失という組合せにより減衰帯域のロールオフは急峻になり、通過帯域エッジの 10%以内

(1dB で定義されたエッジ) で通常 -30dB になります。これらのフィルタは非常に高い周波数安定度があり、厳しい環境条件に対応できます。現在、Mini-Circuits では最大 15W まで対応可能ですが、さらに大電力

対応品を開発中です。

長所	短所
非常に広い帯域幅をサポート	UHF 以下では実現困難な大きさ
温度安定性が良好	高価 (ハウジングが複雑)
環境許容範囲が広い	
挿入損失が小さい	
Q が大きい (大きく急峻な減衰特性)	
シールドされている	
群遅延特性が優れている	

導波管

導波管フィルタは、中空の管である導波管内部の空気中を RF エネルギーがインラインで伝搬し信号をフィルタリングします。導波管のサイズはさまざまな動作帯域に合わせて標準化されています。

導波管フィルタにはさまざまな形がありますが、最も一般的なタイプとしては共振キャビティフィルタと誘電体共振フィルタに 2 つが挙げられます。

共振キャビティ

共振キャビティフィルタは、ある内部配列で共振し、その結果、特定の周波数を反射または通過させます。キャビティ内の一般的な配列はアイリス（絞り）結合とポスト（柱）配置です：

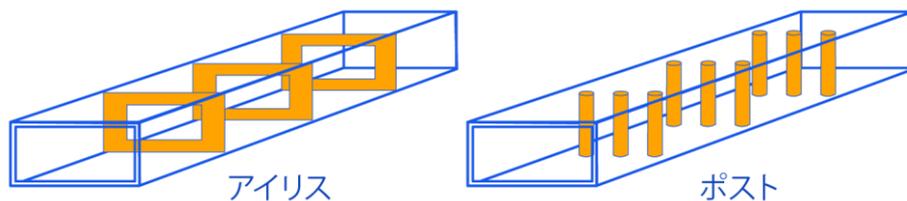


図 13: 2 種類の共振キャビティフィルタ

共振キャビティ内の配列の種々は、それぞれ同等の集中定数素子に対応します。例として、いくつかのアイリスとそれに対応する集中定数素子を以下に示します：

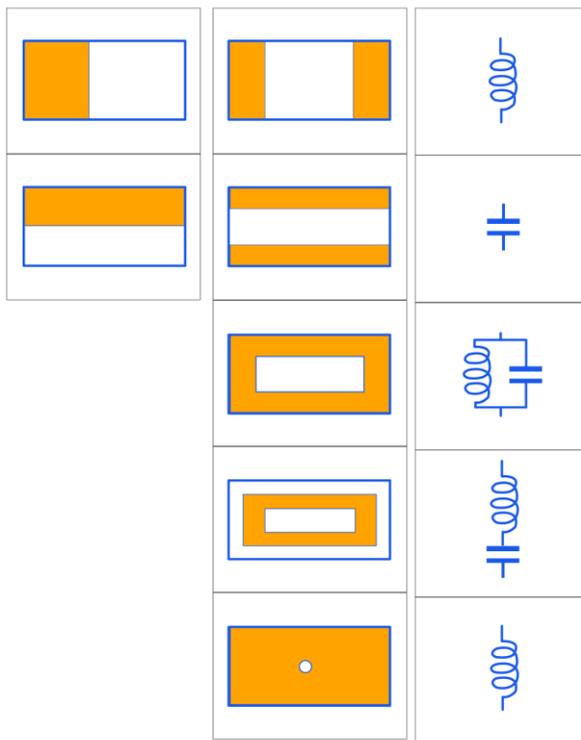


図 14: 導波管アイリスとそれに対応する集中定数素子

誘電体共振

誘電体共振フィルタでは、誘電体が導波管内部に挿入されます。誘電体材料によっては、誘電体共振フィルタは、スプリアスモードが発生する場合がありますが、共振キャビティフィルタと比較してスペースが節約できます。また大電力用途で誘電体共振フィルタを使用する場合には、誘電体からの放熱が確実に行われるような特別な配慮が必要です。

誘電体共振フィルタの例を図 15 に示します。オレンジ色で示さるものが誘電体です：

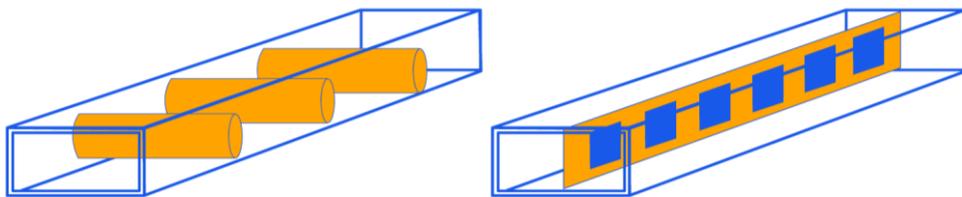


図 15: 誘電体共振フィルタの例

長所と短所

導波管フィルタは、固体としての導体抵抗がないため、非常に低損失です。損失のほとんどすべては導波管の壁面に由来するもので、これも壁の内側を研磨することで軽減できます。この低損失という特性により、導波管フィルタの Q 値は数千に達する場合もあり、これは他の多くのフィルタよりも桁違いに高い値です。内壁を銀や金メッキをすることで表面の導電率が上がり、損失をさらに減らすことができます（したがって、Q 値が上がります）。

方形導波管は円形導波管よりも損失が少なくなくなります。導波管は非常に大きい電力を扱うことができます。

導波管の主な短所はコストです。加えて、導波管は基本的にかなり狭帯域での動作になります。導波管の大きさは動作する波長に比例するため、UHF 周波数以下では実現が困難なほど大型になります。

長所	短所
非常に低い損失	信号は導波管内になければならない
非常に高い Q	高価
非常に高い電力処理	UHF 以下では実現困難な大きさ
	帯域が限定的

LTCC

LTCC フィルタは誘導性コイルと容量性「プレート」を形成するセラミック層と導体層で作られています。これらのコイルとプレートによりフィルタ回路が形成されます。

図 16 に LTCC フィルタの一例を 3 次元図で示します。コンデンサを構成する広いコプレーナ面上に、より狭いコイルの層が確認できます。これら集中定数による構成に加えて Mini-Circuits 社の LTCC フィルタでは分布定数として扱える SIW（誘電体基板集積導波管）構造も採用しています。

Mini-Circuits 社は業界で最も先進的な LTCC フィルタ設計技術と製造能力を備えています。従来技術では最大約 10GHz 以下の通過帯域に制限され

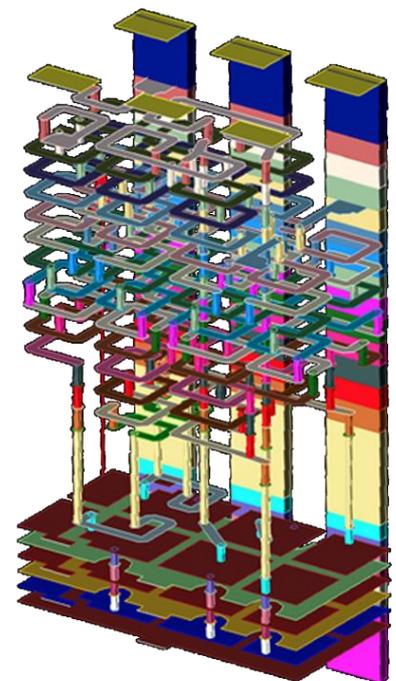


図 16: LTCC フィルタのテープ層の例、セラミック層内に形成された導電性コイルとプレートを示す

ていました。弊社の LTCC 設計グループでは改善を重ね、最近では独自の材料系と分布定数回路を組み合わせ
て 30GHz 以上の通過帯域でも優れた性能を実現しています。

フィルタに加わる DC 電圧に関して特に記載がない限り、LTCC フィルタはカップリングコンデンサにより DC
カットする必要があります。これらのコンデンサの選択に関しては [Mini-Circuits アプリケーションノート](#) に
情報を載せています。

長所と短所

LTCC フィルタの注目すべき点は小型で低コストであることです。また、耐電力特性に優れ、通過帯域の挿入
損失は通常平均 1~1.5dB (バンドパスの場合) であり、ローパスとハイパスではさらに小さくなります。従
来、LTCC フィルタの減衰帯域の減衰量は 20~25dB 程度とされていましたが、Mini-Circuits 社では新しい材
料と回路構成を採用することで 40dB 以上の減衰量を得ることに成功し、中にはミリ波領域まで使えるものも
あります (例えば, LFCG, HFCG, LFCW, HFCW, BFCN-1152+, BFCN-1052+, BFHK シリーズ)。

複数の LTCC をカスケード接続することにより、減衰量はさらに改善できます。LTCC フィルタは他の多くの
フィルタと同様に反射型フィルタであるため、接続したフィルタの間で定在波が発生し入出力間で信号形状に
変化が生じます。しかし多くの場合、これは許容できる範囲内です。

長所	短所
非常に小型 安価 挿入損失が小さい 数 10W の電力に対応	減衰量が低い (カスケード接続は除く), ただし Mini-Circuits 社 LTCC フィルタでは改善

無反射フィルタ (MMIC)

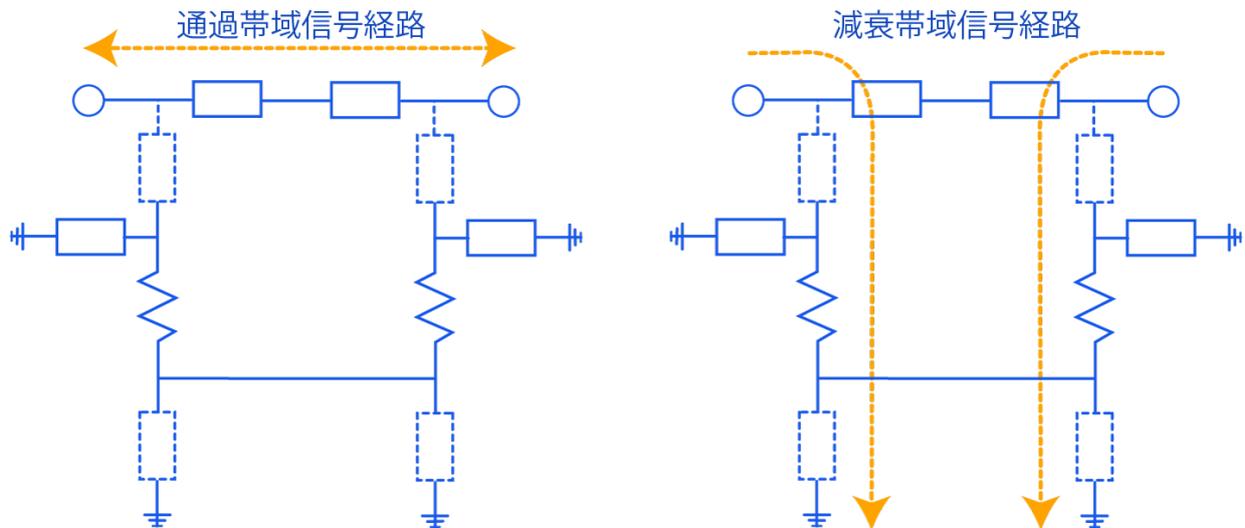


図 17: 無反射フィルタの通過帯域と減衰帯域の信号経路

無反射フィルタは、従来型フィルタの減衰帯域のエネルギーを反射させてソース側に戻すのではなく、減衰帯域エネルギーを吸収して内部で終端するフィルタ回路で、特許を取得しています。このユニークな特性により、通常の反射型フィルタを信号チェーンで使用した場合に生じるよく知られた課題である定在波、リップル、不要な混合波やその他の問題に対応できます。

基本的な無反射フィルタ回路を図 17 に示します。各長方形は、フィルタのタイプ (BPF、LPF など) に応じて異なるリアクタンス成分を示します。減衰帯域では RF エネルギーは反射されるのではなく (矢印のように) 流れて抵抗で終端されます。これが無反射フィルタの基礎動作になります。Mini-Circuits 社は IPD MMIC プロセスによりこの無反射フィルタを実現しています。

カスケード接続が容易

減衰帯域の信号は反射されるのではなく吸収されるため、カスケード接続されたフィルタ間に定在波は発生しません。これは、無反射フィルタを「ビルディングブロック」としてカスケード接続して、非常に特殊な応答

のフィルタを作ったり、フィルタの減衰量を増やしたりすることができることを意味しています。例として、Mini-Circuits 社の XLF-112H+無反射ローパスフィルタ単一の場合（左）と2個カスケード接続した場合（右）のSパラメータを示します：

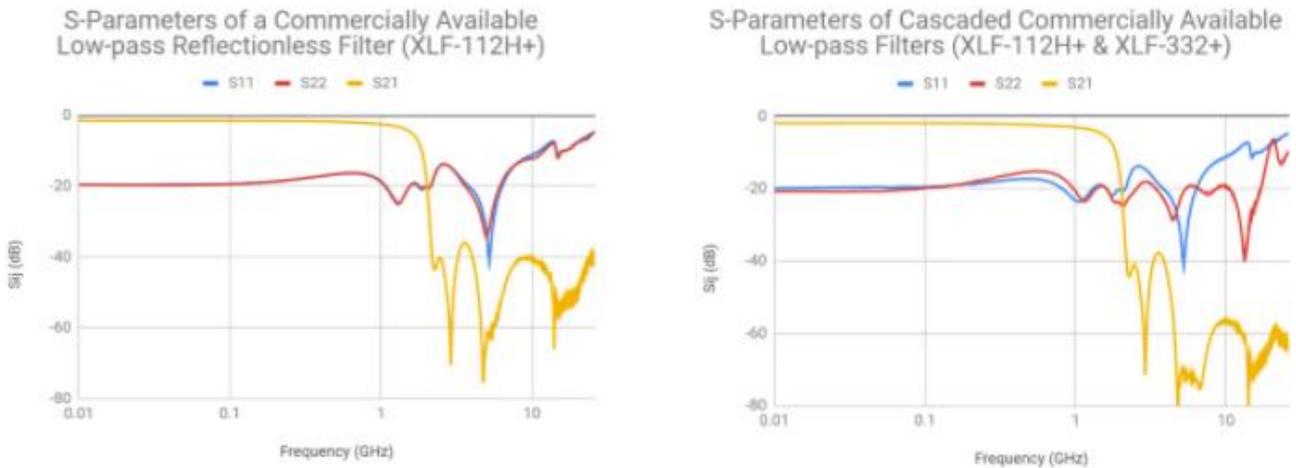


図 18: 単一の場合(左)とカスケード接続した場合(右)の無反射フィルタの S パラメータ

無反射フィルタは別種類のフィルタともカスケード接続が可能で、複数のフィルタを直列に接続して定在波と帯域内リップルを最小限に抑えながら減衰量を増やすことができます。

長所と短所

無反射フィルタの主な利点は、その無反射性にあります。簡単にカスケード接続ができることに加えて、[超広帯域でのアプリケーション](#)など多くの用途に有用です。無反射フィルタは、ミキサや乗算器など高感度の非線形デバイスとの組み合わせや、ADC 入力で発生するスイッチングトランジェントを最小限に抑えるなどの用途に適しています。

Mini-Circuits 製無反射フィルタは GaAs IPD プロセスによって製造され、高い温度安定性、100°C 以上の動作能力と優れた再現性を有しています。しかしながら、サイズが小さいため挿入損失が比較的大きくなり Q

も低くなりますが、低い Q はフィルタをカスケード接続してよりより急峻なロールオフと大きい減衰域を得ることで改善することができます。

長所	短所
減衰帯域の反射が最小 (各帯域に渡ってインピーダンスが一定)	低い減衰量 (カスケード接続しない場合) / 低い Q 比較的大きい挿入損失
非常に小型	
カスケード接続が容易	
高い温度安定性	
高い動作温度	
高い再現性	

MINI-CIRCUITS 社の製品

Mini-Circuits 社は業界で最も幅広い選択ができるフィルタを提供しており、1500 以上のモデルの在庫があり、社内での設計製造能力を備えています。以下の表では、フィルタ技術、周波数範囲、コネクタタイプなど主な属性ごとに製品ラインを種類別に分けていますので、この幅広い製品ラインをより早くより深く理解することができます。システム要件に合うフィルタ選択のサポートについては、Mini-Circuits アプリケーションにお問い合わせください。

バンドパス

		セラミック共振子	集中定数	マイクロストリップ	キャビティ	LTCC	無反射	サスペンデッドサブストレート	導波管
	通過帯域 ¹ (MHz)	504 – 5,825	0.063 – 2,780	2,050– 3,300	902– 43,500	330– 29,500	2,350– 20,500	7,825 – 8,125	27,500– 86,000
コネクタ付き	BNC		BBP ZFBP						
	N		NBP						
	2.4mm								
	2.92mm						ZXBF		
	SMA		SBP SIF ZABP ² ZBPF	ZAFBP	ZVBP	VBF VBFZ ³		ZBSS	
		ZX75BP	ZFBP						
コネクタ無し	SMT	CBP CSBP	BPF BPHI JCBP MBPA RBP_ SXBP SYBP TBP			BB_ BF_ ⁴ BFG_ BFNL2 BLFCV BPGE BPJC BPNK BPNL	XBF ⁵		
	ダイ								
	プラグイン		PBP PIF						
	方形								WVBP

¹ 範囲は下側最小点 (F1) から上側の最大通過点 (F2) まで

² SBP との比較: 大型, 高価格, より高性能

³ VBF との比較: カスケード接続によりケースを長くした LTCC フィルタにて減衰特性を改善

⁴ BFG_ と BFNL2 を除く ⁵ ダイバージョンのモデルは “_D+”

文字の色分け
特徴
75Ω モデルを含む
集積バルン
無反射/定インピーダンス

最小通過帯域 F1 と最大通過帯域 F2 別の Mini-Circuits 社 BPF:

MHz	セラミック共振子	集中定数	マイクロストリップ	キャパティ	LTCC	無反射	サスペンデッドサブストレート	導波管
1	0.063-2,780	0.063-2,780						
2.5								
5								
10								
25								
50								
100								
250								
500								
1000								
2500								
5000	504-5,825			902-43,500	330-29,500	2,350-20,500		
10000								
25000								
50000								
							7,825 - 8,125	
								27,500 - 86,000

ローパス

		セラミック共振子	集中定数	マイクロストリップ	キャピティ	LTCC	無反射	サスペンデッドサブストレート	導波管
通過帯域の上側最大値 (F2) (MHz)		-	2,950	2,100	-	16,000	18,000	24,000	-
コネクタ付き	BNC		BLP BBLP						
	N		NLP NBLP						
	2.4mm								
	2.92mm						ZXLF		
	SMA		SBLP SLP ZFLP ZLPF ZX75LP	ZNFLP		VLF VLFG ¹ VLFX ² VLP	VXLF	ZLSS	
コネクタ無し	SMT		LPF LPFD RLP_ SALF SCLF SXLP ULP			DLF_ LF_ LPGE LPJC LPNK	XLF ³		
	ダイ								
	プラグイン		PLP PBLP						
	無反射								

¹ VLF との比較: DC 通過型

² VLF との比較: 長形ケース, 減衰性能が良い

³ ダイバージョンのモデルは “_-D+”

文字の色分け
特徴
75Ω モデルを含む
フラットタイムディレー
無反射/定インピーダンス
差動/デュアルライン

DC から最大通過帯域のカットオフ周波数 別の Mini-Circuits 社 BPF:

MHz	セラミック 共振子	集中定数	マイクロ ストリップ	キャビティ	LTCC	無反射	サスペンデッド サブストレート	導波管
1								
2.5								
5								
10								
25								
50		DC - 2,950	DC - 2,100					
100					DC - 16,000	DC - 18,000	DC - 24,000	
250								
500								
1000								
2500								
5000								
10000								
25000								
50000								

ハイパス

75Ω モデルはありません。

		セラミック共振子	集中定数	マイクロストリップ	キャピティ	LTCC	無反射	サスペンデッドサブストレート	導波管
通過帯域レンジ ¹ (MHz)		-	0.055 - 6,800	-	-	132 - 18,500	470 - 40,000	2,000 - 40,000	-
コネクタ付き	BNC		BHP						
	N		NHP						
	2.4mm								
	2.92mm						ZXHF		
	SMA		SHP ZFHP ZX75HP			VHF VHP	VXHF	ZHSS	
コネクタ無し	SMT		JCHP RHP_ SCHF SXHP THP			HF_ HPJC HPSC	XHF_ ²		
	ダイ								
	プラグイン		PHP						
	無反射								

¹ 範囲は下側最小点 (F2) から上側の最大通過点 (F1) まで

² ダイバージョンのモデルは “_-D+”

文字の色分け
特徴
無反射/定インピーダンス

バンドストップ

75Ω モデルはありません。

	集中定数
減衰帯域レンジ ¹ (MHz)	47 – 295
N	NSBP ZBSF
SMA	ZX75BS
SMT	BSF BSP

¹ 範囲は減衰域の下側最小値 (F3)
から上側最大値 (F4) まで

ダイプレクサおよびトリプレクサ

		セラミック共振子	集中定数	マイクロストリップ	キャビティ	LTCC	無反射	サスペンデッドサブストレート	導波管	
通過帯域レンジ (MHz)		1,176 – 1,590	DC – 6,500	–	–	DC – 6,000	–	DC – 20,000	–	
コネクタ付き	BNC									
	F									ZDPL
	N									
	2.4mm									
	2.92mm									
SMA	ZCDP	ZDPLX ZTPL ZX75-2					Z3SS ZDSS			
コネクタ無し	SMT	CDPL	DPLB DPLX RDP SDP TPLX			DPGE DPJC DPNK LDP_				
	ダイ									
	プラグイン									DPLC
	無反射									

1 全通過帯域の最小値から最大値まで

文字の色分け	
インピーダンス	ダイプレクサ / トリプレクサ
すべて 50Ω モデル	ダイプレクサ: (強調表示なし)
すべて 75Ω モデル	トリプレクサ:

衛星通信用マックスティ

衛星通信仕様の2種類の“マックスティ”（マルチプレックスバイアス・ティ）があります。4ポートのLバンドデバイスでDCと10MHzリファレンス信号を印加（または抽出）できます。50Ωのみになります。

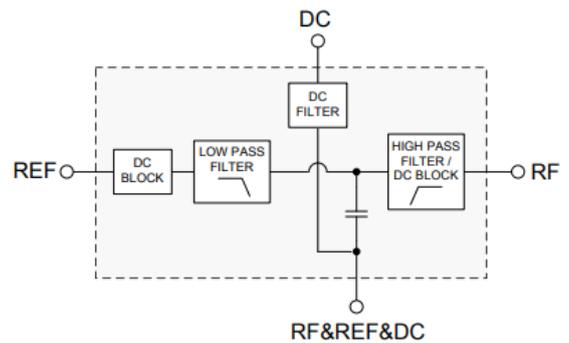


図 19: 衛星通信用マックスティ系統図

BNC: ZABT-2R15G+ (DC, 10MHz, and 950 – 2,150 MHz)

SMA: Z4BT-2R15G+ (DC, 10MHz, and 950 – 2,150 MHz)

IMPORTANT NOTICE

© 2021 Mini-Circuits

This document is provided as an accommodation to Mini-Circuits customers in connection with Mini-Circuits parts only. In that regard, this document is for informational and guideline purposes only. Mini-Circuits assumes no responsibility for errors or omissions in this document or for any information contained herein.

Mini-Circuits may change this document or the Mini-Circuits parts referenced herein (collectively, the “Materials”) from time to time, without notice. Mini-Circuits makes no commitment to update or correct any of the Materials, and Mini-Circuits shall have no responsibility whatsoever on account of any updates or corrections to the Materials or Mini-Circuits’ failure to do so.

Mini-Circuits customers are solely responsible for the products, systems, and applications in which Mini-Circuits parts are incorporated or used. In that regard, customers are responsible for consulting with their own engineers and other appropriate professionals who are familiar with the specific products and systems into which Mini-Circuits’ parts are to be incorporated or used so that the proper selection, installation/integration, use and safeguards are made. Accordingly, Mini-Circuits assumes no liability therefor.

In addition, your use of this document and the information contained herein is subject to Mini-Circuits’ standard terms of use, which are available at Mini-Circuits’ website at www.minicircuits.com/homepage/terms_of_use.html

Mini-Circuits and the Mini-Circuits logo are registered trademarks of Scientific Components Corporation d/b/a Mini-Circuits. All other third-party trademarks are the property of their respective owners. A reference to any third-party trademark does not constitute or imply any endorsement, affiliation, sponsorship, or recommendation: (i) by Mini-Circuits of such third-party’s products, services, processes, or other information; or (ii) by any such third-party of Mini-Circuits or its products, services, processes, or other information.

This document and its contents are the property of Mini-Circuits

JPN Rev. OR
June 23, 2021