

# デュプレクサの設計

図 1 に示す一般的な送受信システムにおいて、1 本のアンテナを送受信で共用するためには、アンテナから入ってきた信号を送信回路側に漏らさずに、減衰を最小限に抑えて受信回路に伝達すると同時に、送信回路から送りだされる信号を受信回路側に漏らさずに、減衰を最小限に抑えてアンテナへ伝達して、送受信経路を十分に分離する必要があります。デュプレクサは、送信と受信の周波数帯が異なる場合に、送受信信号の分離用としてよく用いられています。

ここでは、受信周波数 2.45GHz / 送信周波数 2.35GHz と設定し、アンテナ入出力部の送受信信号分離用として動作するデュプレクサを設計します。

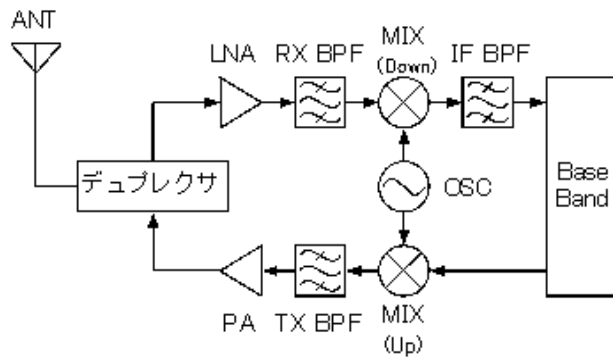


Fig.1

## LC で作る BPF による構成

図 2 に回路構成を示します。Rx 側に 2.45GHz を通しやすくする BPF を挿入し、Tx 側には 2.35GHz を通しやすくする BPF を挿入することでデュプレクサを構成し、送受信の分離をはかっています。BPF 以外にも、Rx 側に HPF、Tx 側に LPF という組合せも考えられますが、送信と受信の周波数帯域が隣接している場合は、十分なアイソレーションを得ることができず、接近した周波数帯域での分離にはむきません。

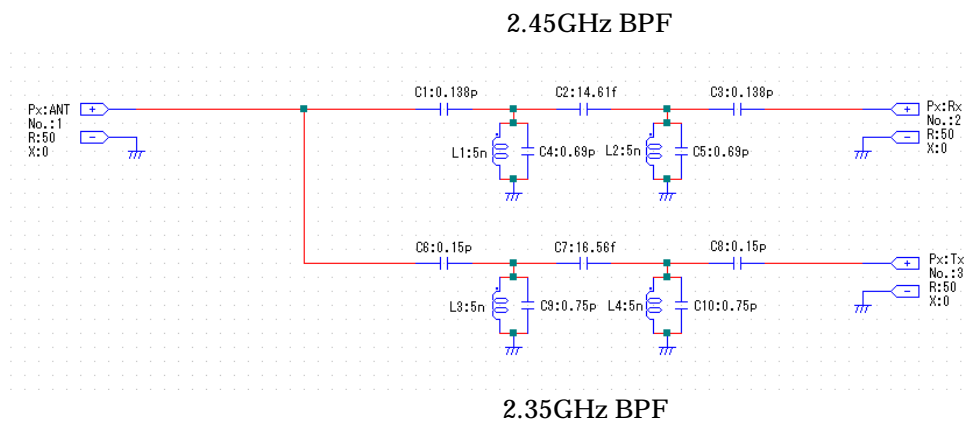


Fig.2

解析結果を**図 3**に示します。**(a)**通過特性、**(b)**アイソレーション特性、**(c)**リターンロス特性において、良好な結果が得られていることがわかります。ただし、回路図の部品の定数からわかるように、扱う周波数が高くなるとフィルタを実現するのに必要なコンデンサの値が非常に小さくなり、市販されている実際の部品を用いて作ることができません。そこで、LCの代わりに誘電体共振器を用いて実際の部品で作成することが可能なデュプレクサの解析をおこないます。

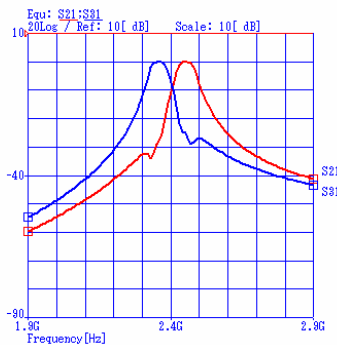


Fig.3 (a)

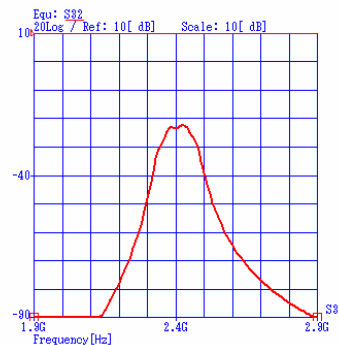


Fig.3 (b)

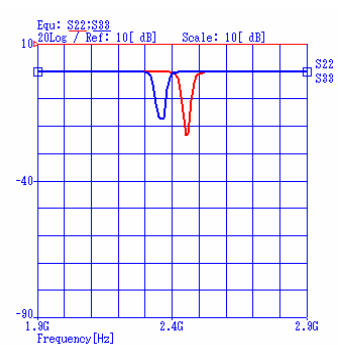


Fig.3 (c)

## 誘電体共振器について

誘電体共振器は、同軸ケーブルのような構造をしており、一端で内部導体と外部導体が電気的に接続されています。( **図 4** ) また、 $1/4$  波長の長さが誘電体共振器の長さと同じになる周波数で共振する特性を持っており、共振周波数においてあたかもインピーダンスが  $\infty$  のように振る舞います。つまり、誘電体共振器を伝送線路に対して並列に配置すると BPF のように動作し、伝送線路に直列に配置すると BEF のように動作します。

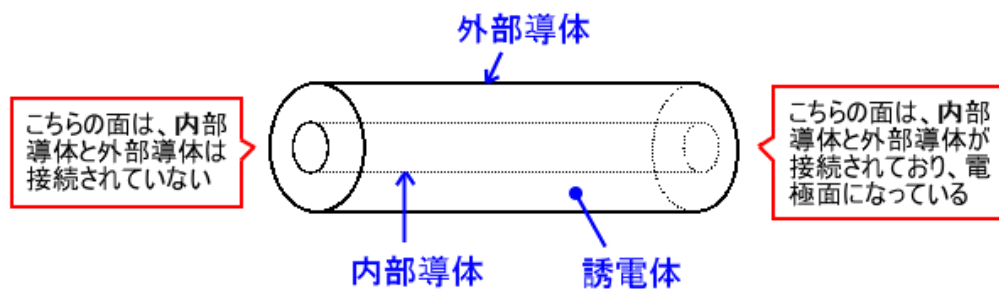


Fig.4

**図 5(a)**に誘電体共振器を BPF として利用した例を、**図 5(b)**に BEF として利用した例を示します。**図 4** からわかるように、誘電体共振器は一端が短絡された同軸線路ですので、シミュレーションをする場合には、同軸線路を用います。ここでは、外部導体の半径を 1.85mm、内部導体の半径を 0.8mm、誘電率を 39 に設定し、誘電体共振器の共振周波数が 2.4GHz になるように長さを調整しました。**図 5(a)**では、内部導体が外部導体と接続されていない側の内部導体を伝送線路側に接続し、内部導体と外部導体が接続され電極面になっている方を GND 側に接続しています。解析結果を**図 6(a)**に示します。通過特性から 2.4GHz で BPF 特性を示していることがわかります。**図 5(b)**では、誘電体共振器を伝送線路に対して直列に接続しています。解析結果を**図 6(b)**に示します。通過特性から 2.4GHz で BEF 特性を示していることがわかります。

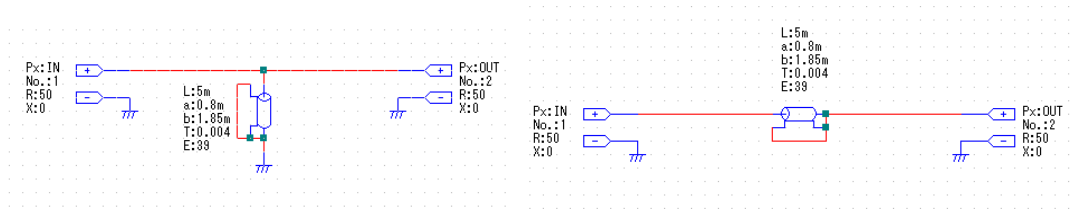


Fig.5 (a)

Fig.5 (b)

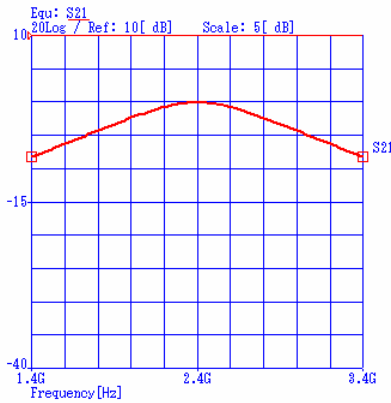


Fig.6 (a)

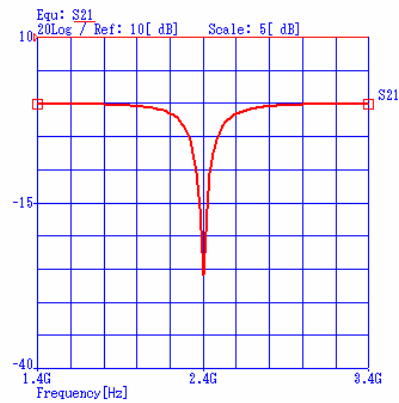


Fig.6 (b)

## 誘電体共振器で作る BPF による構成

図 7 に誘電体共振器を用いたデュプレクサの回路構成を示します。誘電体共振器 1 個では、急峻な減衰特性が得られていないため、BPF として実際に使うことはできません。そこで、誘電体共振器を 2 個に増やして BPF を構成します。2 個の誘電体共振器はインダクタとコンデンサにより結合させています。Rx 側に 2.45GHz を通しやすくする BPF を挿入し、Tx 側には 2.35GHz を通しやすくする BPF を挿入することでデュプレクサを構成し、送受信の分離をはかっています。解析結果を図 8 に示します。(b)アイソレーション特性をみると、送受信のアイソレーション特性が十分とは言えません。この場合、伝送線路に対して並列に配置している誘電体共振器の段数を増やすと急峻な BPF 特性を得ることが可能となり、アイソレーション特性を改善することができます。

図 6 の特性の比較から、シャント（伝送線路と GND 間）に挿入するよりも、シリーズ（伝送線路に直列）に挿入した方が急峻な特性が得られることがわかります。そこで、次に誘電体共振器をシリーズに挿入した構成で考えてみたいと思います。

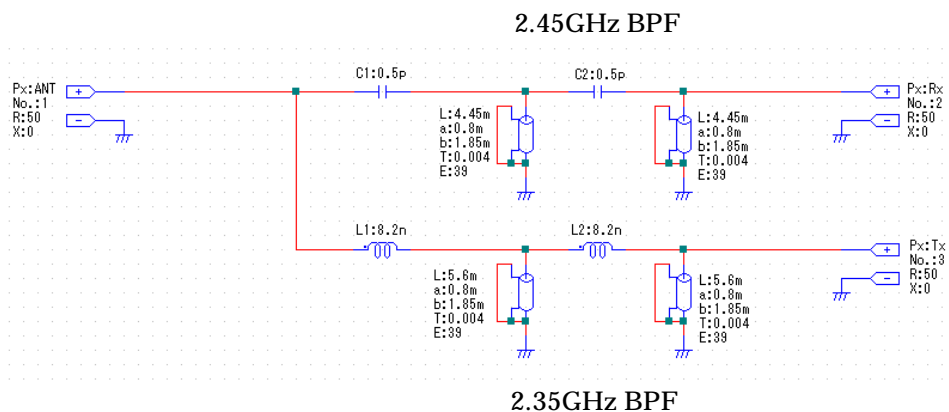


Fig.7

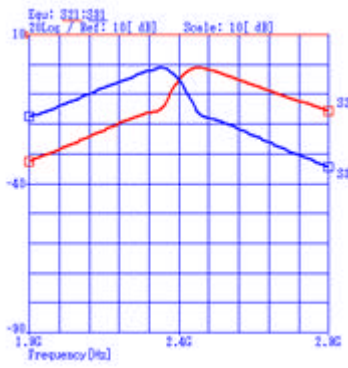


Fig.8(a)

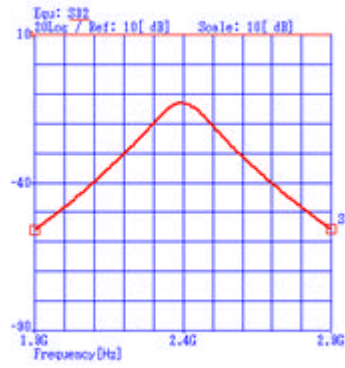


Fig.8(b)

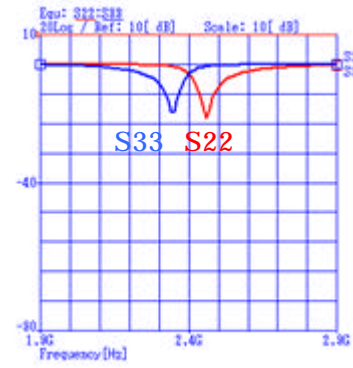


Fig.8(c)

### 誘電体共振器で作る BEF による構成

図 9 に回路構成を示します。Rx 側に 2.35GHz を通しづらくする BEF を挿入し、Tx 側には 2.45GHz を通しづらくする BEF を挿入することでデュプレクサを構成し、送受信の分離をはかっています。解析結果を図 10 に示します。非常に簡単な回路構成でありながらも、(a) 通過特性、(b) アイソレーション特性、(c) リターンロス特性において、良好な結果が得られていることがわかります。Rx - Tx 間で約 30dB のアイソレーションが得られています。

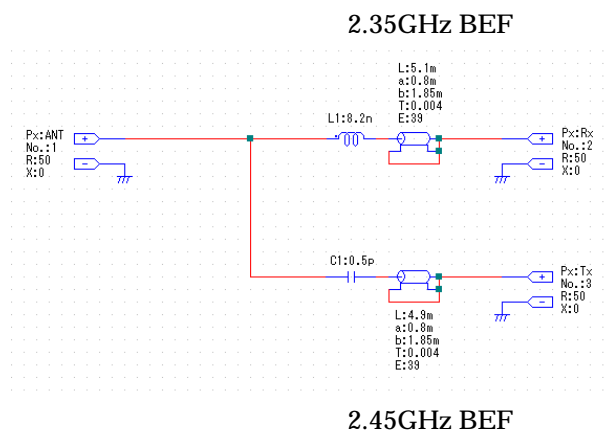


Fig.9

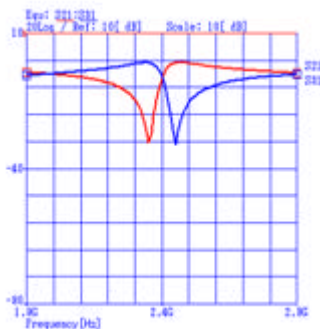


Fig.10(a)

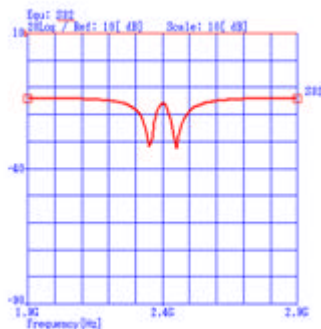


Fig.10(b)

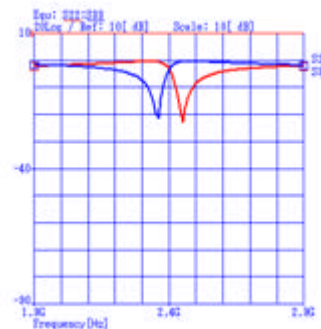


Fig.10(c)

ANT 入力部に用いるデュプレクサの場合、TX 側の 2 次高調波を落とすために、デュプレクサの前に LPF を挿入します。図 11 に、図 9 の回路に LPF を挿入した回路構成を示します。解析結果を図 12 に示します。

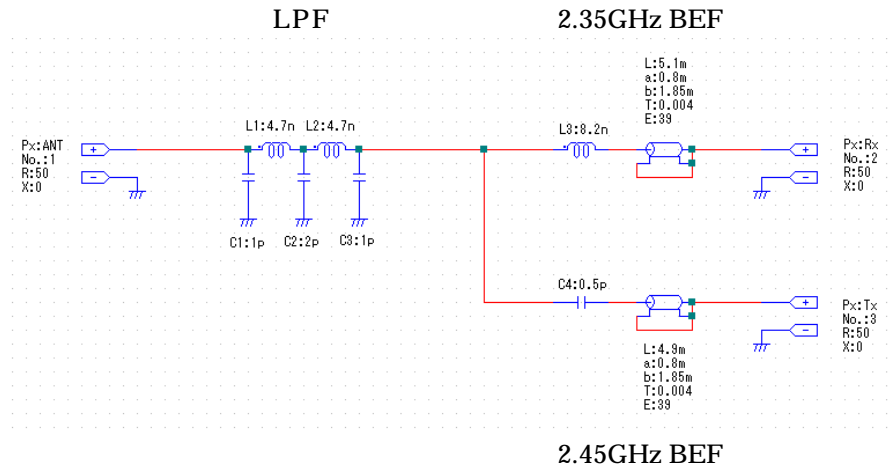


Fig.11

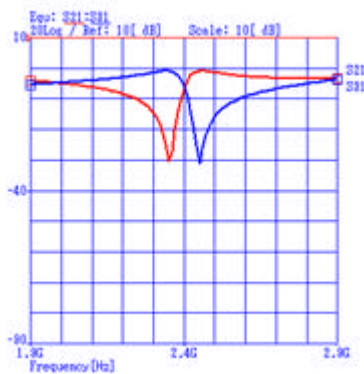


Fig.12(a)

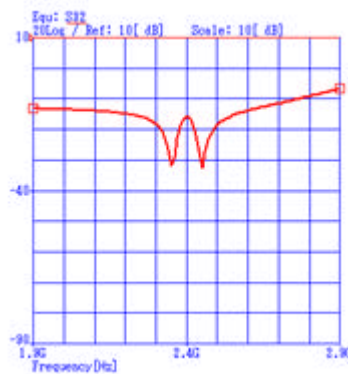


Fig.12(b)

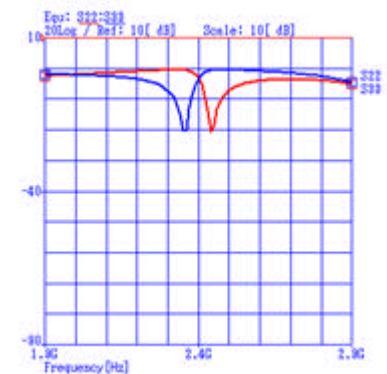


Fig.12(c)

LPF の効果をわかりやすくするために、もう少し広い周波数帯における通過特性の比較を図 13 に示します。図 13(a) は、デュプレクサの前に LPF を挿入していない時の通過特性を示し、図 13(b) はデュプレクサの前に LPF を挿入したときの通過特性を示します。両者の特性を比較すると、LPF を挿入した方では高域が減衰していることがわかります。

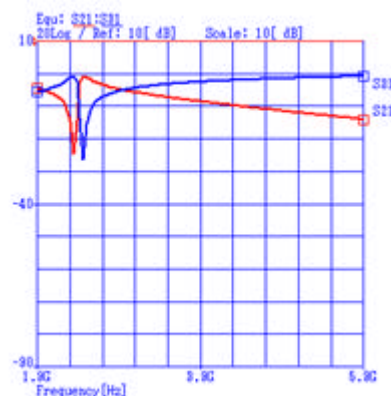


Fig.13(a)

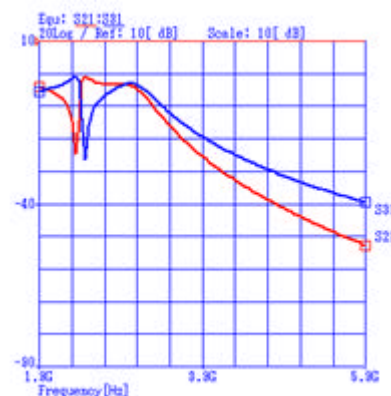


Fig.13(b)