

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02009/081663

発行日 平成23年5月6日(2011.5.6)

(43) 国際公開日 平成21年7月2日(2009.7.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 P 1/20 (2006.01)	HO 1 P 1/20	5 E 0 2 1
HO 1 P 1/202 (2006.01)	HO 1 P 1/202	5 J 0 0 6
HO 1 R 13/719 (2011.01)	HO 1 R 13/719	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

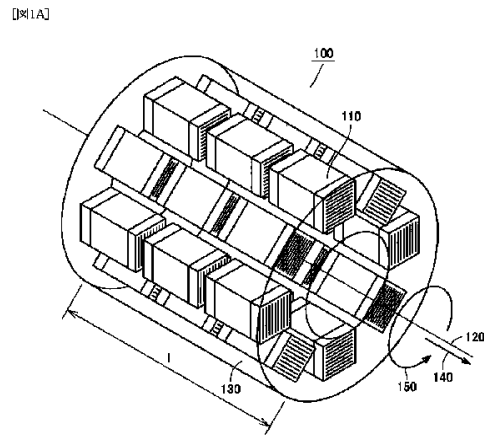
出願番号 特願2009-546986 (P2009-546986)	(71) 出願人 000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2008/070409	
(22) 国際出願日 平成20年11月10日(2008.11.10)	
(31) 優先権主張番号 特願2007-330513 (P2007-330513)	(74) 代理人 100064746 弁理士 深見 久郎
(32) 優先日 平成19年12月21日(2007.12.21)	(74) 代理人 100085132 弁理士 森田 俊雄
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	(74) 代理人 100083703 弁理士 仲村 義平
	(74) 代理人 100096781 弁理士 堀井 豊
	(74) 代理人 100109162 弁理士 酒井 将行
	(74) 代理人 100111246 弁理士 荒川 伸夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 帯域除去フィルタおよび帯域除去フィルタ付きコネクタ

(57) 【要約】

フィルタ(100)は、積層コンデンサ(110)を複数含む。積層コンデンサ(110)は、信号ライン(120)を軸とする円柱側面上に、放射状に配置されている。また、積層コンデンサ(110)の内部電極および外部電極の電極面は、信号ライン(120)を流れる電流(140)により発生する磁力線と略平行となるように配置されている。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

信号ライン(120)を流れる電流の特定の周波数成分を除去する帯域除去フィルタであって、

前記信号ライン(120)を軸として放射状に配置されたメタ材料(110)を備え、

前記メタ材料(110)は、前記周波数成分における透磁率が負になるように配置されている帯域除去フィルタ。

【請求項 2】

前記メタ材料(110)は、

各々が絶縁物を介して互いに対向する第1および第2電極からなる複数の電極対(112)と、

前記第1および第2電極を電氣的に接続する接続体とを含み、

前記第1および第2電極の各電極面は、前記電流によって形成される磁力線に対して実質的に平行となるように配置されている、請求の範囲第1項に記載の帯域除去フィルタ。

【請求項 3】

前記接続体は、前記電流によって形成される磁力線が前記第1および第2電極で挟まれた空間を通過することを妨げないように配置されている、請求の範囲第2項に記載の帯域除去フィルタ。

【請求項 4】

前記接続体は、平行に対向して形成された2つの外部電極(114a, 114b)からなり、

前記2つの外部電極(114a, 114b)の各電極面は、前記電流によって形成される磁力線に対し実質的に平行となるように配置されている、請求の範囲第3項に記載の帯域除去フィルタ。

【請求項 5】

前記メタ材料(110)は、

絶縁物を介して互いに平行に配置された複数の平板電極(112)と、

前記複数の平板電極の偶数番目の平板電極と電氣的に接続された第1接続電極(114a)と、

前記複数の平板電極の奇数番目の平板電極と電氣的に接続された第2接続電極(114b)とを含み、

前記第1および第2接続電極(114a, 114b)の各電極面は、前記複数の平板電極(112)の電極面に対して垂直に形成され、

前記複数の平板電極(112)の各電極面は、前記電流によって形成される磁力線に対して実質的に平行となるように配置されている、請求の範囲第1項に記載の帯域除去フィルタ。

【請求項 6】

前記信号ライン(120)に対し垂直に立設されたドーナツ板(210)をさらに備え、

前記メタ材料(110)は前記ドーナツ板(210)上に固定されている、請求の範囲第5項に記載の帯域除去フィルタ。

【請求項 7】

前記メタ材料(110)は、

各々が互いに平行する複数の電極面を有する第1くし型電極(114a, 112)および第2くし型電極(114b, 112)を含み、

前記第1くし型電極(114a, 112)の最上層の電極面と前記第2くし型電極(114b, 112)の最上層の電極面とが所定の間隔をもって平行に対向するように形成され、かつ、前記第1くし型電極(114a, 112)の最下層の電極面と前記第2くし型電極(114b, 112)の最下層の電極面とが所定の間隔をもって平行に対向するよう

10

20

30

40

50

に形成され、

前記第1くし型電極(114a, 112)および第2くし型電極(114b, 112)の各電極面は、前記電流によって形成される磁力線に対して実質的に平行となるように配置されている、請求の範囲第1項に記載の帯域除去フィルタ。

【請求項8】

前記信号ライン(120)に対し垂直に立設されたドーナツ板(210)をさらに備え、

前記メタマテリアル(110)は前記ドーナツ板(210)上に固定されている、請求の範囲第7項に記載の帯域除去フィルタ。

【請求項9】

前記メタマテリアル(110)は、

前記信号ライン(120)を軸とし、互いに径が異なる円筒面である複数の円筒型電極(420)と、

前記複数の円筒型電極(420)の偶数番目の円筒型電極と電気的に接続された第1接続電極(430a)と、

前記複数の円筒型電極(420)の奇数番目の円筒型電極と電気的に接続された第2接続電極(430b)とを含む、請求の範囲第1項に記載の帯域除去フィルタ。

【請求項10】

前記メタマテリアル(110)は、複数の基材(310)から成り、

前記基材(310)には、

各々が絶縁物を介して互いに対向する第1および第2電極(310, 320)と、

前記第1および第2電極(310, 320)を電気的に接続する接続体(340, 350)とが形成されている、請求の範囲第1項に記載の帯域除去フィルタ。

【請求項11】

信号ライン(120)を流れる電流の特定の周波数成分を除去する帯域除去フィルタであって、

前記信号ライン(120)を軸として放射状に配置されたメタマテリアル(110)を備え、

前記メタマテリアル(110)は、

複数の第1電極(112)と、

前記複数の第1電極(112)のそれぞれに対向する複数の第2電極(112)と、

前記複数の第1電極(112)と前記複数の第2電極(112)とをそれぞれ電気的に接続する接続体(114a, 114b)を含み、

各前記第1電極(112)および各前記第2電極(112)の電極面は、前記信号ライン(120)を軸として前記信号ライン(120)を取り囲むように配置されている、帯域除去フィルタ。

【請求項12】

信号ライン(120)を流れる電流の特定の周波数成分を除去する帯域除去フィルタであって、

前記信号ライン(120)を軸として放射状に配置されたメタマテリアル(110)を備え、

前記メタマテリアル(110)は、

複数の第1電極(112)と、

前記複数の第1電極(112)のそれぞれに対向する複数の第2電極(112)と、

前記複数の第1電極(112)と前記複数の第2電極(112)とをそれぞれ電気的に接続する接続体(114a, 114b)を含み、

各前記第1電極(112)および各前記第2電極(112)の電極面は、前記信号ライン(120)に直交するように配置されている、帯域除去フィルタ。

【請求項13】

前記メタマテリアル(110)の前記信号ライン(120)に沿った長さは、前記所定

10

20

30

40

50

の周波数成分に相当する1波長の1/4より短くなるように形成される、請求の範囲第1項に記載の帯域除去フィルタ。

【請求項14】

請求の範囲第1項に記載の帯域除去フィルタを内蔵する帯域除去フィルタ付きコネクタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、特定の周波数の電磁波を除去する帯域除去フィルタ技術に関し、特に、メタマテリアルを用いた帯域除去フィルタ技術に関する。

10

【背景技術】

【0002】

これまでに、電気ケーブルを流れるノイズ電流を除去するための帯域除去フィルタや、帯域除去フィルタを実装したノイズ除去機能付きコネクタは、数多く提案されており、その一部はすでに製品化もされている。

【0003】

そのようなフィルタ技術の一例として、貫通コンデンサやフェライトにより高周波ノイズを落とすものがある。特開2000-223881号公報(特許文献1)には、電波吸収材料からなる互いに平行な表・裏面を有する基板を含むコレクタ実装型ノイズフィルタが開示されている。基板には、該基板を貫通する複数のスルーホールが形成されている。

20

【特許文献1】特開2000-223881号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

貫通コンデンサやフェライトを用いたフィルタは、ノイズを除去することはできる。しかし、これらのフィルタによるノイズ成分の減衰カーブは緩く、目的の周波数の電磁波だけを急峻に落とすことはできない。

【0005】

また、これらのフィルタにより除去できる周波数帯には制限がある。例えば、フェライトはGHz帯以上の電磁波の除去はできないため、2.4GHzの電磁波を通過させて、5GHzの電磁波を除去するといった用途には使えない。

30

【0006】

そのような必要性がある場合は、基板の信号線路上にチップ型のフィルタを搭載する方法がとられる。しかし、搭載のための実装エリアがとられるという問題がある。

【0007】

本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであって、目的の周波数の電磁波を急峻に除去できる帯域除去フィルタおよび帯域除去フィルタ付きコネクタを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

1つの局面に係る本願発明は、信号ラインを流れる電流の特定の周波数成分を除去する帯域除去フィルタであって、信号ラインを軸として放射状に配置されたメタマテリアルを備え、メタマテリアルは、周波数成分における透磁率が負になるように配置されている。

40

【0009】

好ましくは、メタマテリアルは、各々が絶縁物を介して互いに対向する第1および第2電極からなる複数の電極対と、第1および第2電極を電氣的に接続する接続体とを含み、第1および第2電極の各電極面は、電流によって形成される磁力線に対して実質的に平行となるように配置されている。

【0010】

さらに好ましくは、接続体は、電流によって形成される磁力線が第1および第2電極で

50

挟まれた空間を通過することを妨げないように配置されている。

【0011】

さらに好ましくは、接続体は、平行に対向して形成された2つの外部電極からなり、2つの外部電極の各電極面は、電流によって形成される磁力線に対し実質的に平行となるように配置されている。

【0012】

好ましくは、メタ材料は、絶縁物を介して互いに平行に配置された複数の平板電極と、複数の平板電極の偶数番目の平板電極と電氣的に接続された第1接続電極と、複数の平板電極の奇数番目の平板電極と電氣的に接続された第2接続電極とを含み、第1および第2接続電極の各電極面は、複数の平板電極の電極面に対して垂直に形成され、複数の平板電極の各電極面は、電流によって形成される磁力線に対して実質的に平行となるように配置されている。

10

【0013】

好ましくは、メタ材料は、各々が互いに平行する複数の電極面を有する第1および第2くし型電極を含み、第1くし型電極の最上層の電極面と第2くし型電極の最上層の電極面とが所定の間隔をもって平行に対向するように形成され、かつ、第1くし型電極の最下層の電極面と第2くし型電極の最下層の電極面とが所定の間隔をもって平行に対向するように形成され、第1および第2くし型電極の各電極面は、電流によって形成される磁力線に対して実質的に平行となるように配置されている。

20

【0014】

さらに好ましくは、信号ラインに対し垂直に立設されたドーナツ板をさらに備え、メタ材料はドーナツ板上に固定されている。

【0015】

好ましくは、メタ材料は、信号ラインを軸とし、互いに径が異なる円筒面である複数の円筒型電極と、複数の円筒型電極の偶数番目の円筒型電極と電氣的に接続された第1接続電極と、複数の円筒型電極の奇数番目の円筒型電極と電氣的に接続された第2接続電極とを含む。

【0016】

好ましくは、メタ材料は、複数の基材から成り、基材には、各々が絶縁物を介して互に対向する第1および第2電極と、第1および第2電極を電氣的に接続する接続体とが形成されている。

30

【0017】

他の局面に係る本願発明は、信号ラインを流れる電流の特定の周波数成分を除去する帯域除去フィルタであって、信号ラインを軸として放射状に配置されたメタ材料を備え、メタ材料は、複数の第1電極と、複数の第1電極のそれぞれに対向する複数の第2電極と、複数の第1電極と複数の第2電極とを電氣的に接続する接続体を含み、各前記第1電極および各前記第2電極の電極面は、信号ラインを軸として信号ラインを取り囲むように配置されている。

【0018】

さらに他の局面に係る本願発明は、信号ラインを流れる電流の特定の周波数成分を除去する帯域除去フィルタであって、信号ラインを軸として放射状に配置されたメタ材料を備え、メタ材料は、複数の第1の内部電極のそれぞれに対向する複数の第2電極と、複数の第1電極と複数の第2の内部電極とを電氣的に接続する接続体を含み、各前記第1電極および各前記第2電極の電極面は、信号ラインに直交するように配置されている。

40

【0019】

好ましくは、メタ材料の信号ラインに沿った長さは、所定の周波数成分に相当する1波長の1/4より短くなるように形成される。

【0020】

さらに他の局面に係る本願発明は、上述の帯域除去フィルタを内蔵する帯域除去フィル

50

タ付きコネクタである。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、電線の周囲に配置されたメタマテリアルにより、電磁波の特定の周波数成分を急峻に減衰させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1A】フィルタ100の構成を示す図である。

【図1B】積層コンデンサ110の構成を示す図である。

【図2】積層コンデンサ110の構成を示す図である。

10

【図3】信号ライン120を含む面を切断面とするフィルタ100の断面図である。

【図4】積層コンデンサ110の他の配置例を説明するための図である。

【図5】信号ラインに対する積層コンデンサの配置と、積層コンデンサのフィルタ特性との関係を示した図である。

【図6】積層コンデンサの透磁率の実測値を示すグラフである。

【図7】フィルタ200の構成を示す図である。

【図8】フィルタ300の斜視図である。

【図9】フィルタ300の断面図である。

【図10】フィルタ400の斜視図である。

【図11】軸を含む平面を切断面とするフィルタ400の断面図である。

20

【図12】フィルタ400の径方向の断面図である。

【図13】フィルタ100をコネクタ1300に挿入する様子を示した図である。

【図14】透磁率 μ および誘電率 ϵ の符号別に媒質への入射波に対して現れる特性を示す4象限図である。

【図15】共振周波数において共振器で形成される共振回路を説明するための図である。

【符号の説明】

【0023】

10 共振器、11a, 11b 外部電極、12a, 12b, 13a, 13b 内部電極、100 フィルタ、110 積層コンデンサ、112 内部電極、114a, 114b 外部電極、120 信号ライン、130 外装部、140 電流、200 フィルタ、210 平板、220 筒、300 フィルタ、310 基材、320 電極、330 電極、340 ピア、350 導体板、400 フィルタ、410 円筒コンデンサ、420 内部電極、430a, 430b 外部電極、1300 コネクタ。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

この発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0025】

[概要]

本発明は、メタマテリアルを利用して、電流の帯域除去を行なう帯域除去フィルタあるいは帯域除去フィルタ付きコネクタを提供するものである。

40

【0026】

メタマテリアル(metamaterial)とは、自然界に存在する物質が有さないような電磁気的あるいは光学的な特性をもつ人工物質である。このようなメタマテリアルの代表的な特性として、負の透磁率($\mu < 0$)、負の誘電率($\epsilon < 0$)、あるいは負の屈折率(透磁率および誘電率がいずれも負の場合)が挙げられる。なお、 $\mu < 0$ かつ $\epsilon > 0$ の領域、または $\mu > 0$ かつ $\epsilon < 0$ の領域は「エバネッセント解領域」とも称され、 $\mu < 0$ かつ $\epsilon < 0$ の領域は「左手系領域」とも称される。

【0027】

図14は、透磁率 μ および誘電率 ϵ の符号別に媒質への入射波に対して現れる特性を示

50

す4象限図である。自然界に存在する物質の大部分は、図14に示す第1象限に位置する右手系媒質に相当し、当該媒質に入射する波は、透磁率および誘電率によって定まる屈折率だけ屈折された後、入射方向に伝搬する。これに対して、図14に示す第2象限および第4象限（エバネッセント解領域）では、入射波は伝搬することができない。また、図14に示す第3領域（左手系領域）では、屈折率が負となるため、当該媒質に入射した波は入射方向と逆方向に伝搬する。

【0028】

さて、メタマテリアルを利用すると、電子機器などから放射される不要な電磁波を抑制することができる。すなわち、負の透磁率が発現する媒質に磁束が入射すると、電子機器などから放射される不要な電磁波を反射あるいは抑制することができる。

10

【0029】

以下の各実施の形態では、メタマテリアルとして、互いに所定間隔だけ離れて配置された複数の電極を含むデバイス（代表的に、積層コンデンサ）を用いる。このようなデバイスでは、当該電極間に生じる静電容量（キャパシタンス）を主体とした共振回路が形成される。この共振回路は、導体に交流電流が流れることで発生する電磁波の特定の周波数成分に感受性を持ち、この周波数成分の電磁波を受けて電氣的な共振現象を生じ得る。この共振現象によって、共振回路に与えられた磁束と逆向きの磁束が発生し、この発生する磁束によって、導体を流れる電流によって生じる電界を打ち消す方向に電界が誘導される。その結果、全体的に見れば、導体から放射される電磁波が反射あるいは抑制される。以下では、上述のようなデバイスを共振器と呼ぶ。

20

【0030】

図15は、共振周波数において共振器10で形成される共振回路を説明するための図である。ここでは、共振器10が積層コンデンサであるとして説明するが、他のデバイスに対しても共振回路の形成の仕組みは同様である。

【0031】

図15を参照して、その電極面が磁界の磁力線に対して実質的に平行となるように配置される第1内部電極12a、13aおよび第2内部電極12b、13b、ならびに第1外部電極11aおよび第2外部電極11bは、その経路長さに応じたコイル（インダクタ）として作用する。

【0032】

共振器10では、第1内部電極のうち最上層の電極12aと、第1外部電極11aと、第1内部電極のうち最下層の電極13aとは互いに電氣的に接続されており、これらを含む電流経路が形成される。同様に、第2内部電極のうち最上層の電極12bと、第2外部電極11bと、第2内部電極のうち最下層の電極13bとも互いに電氣的に接続されており、これらを含む電流経路が形成される。ここで、電極12aと電極12bとの間の静電容量（キャパシタンス C_1 ）と、電極13aと電極13bとの間の静電容量（キャパシタンス C_2 ）とを介して、両電流経路は互いに電氣的に接続され、キャパシタンス C_1 、 C_2 と各電極によって生じるインダクタンス $L_1 \sim L_6$ とを含む共振回路が形成される。したがって、本実施の形態に従う共振器10は、キャパシタンス（ $C_1 + C_2$ ）と、インダクタンス（ $L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6$ ）とによって定まる共振周波数を持ち、この共振周波数の電磁波が入射することで、透磁率共振が発現する。

30

40

【0033】

なお、積層コンデンサの場合、隣接する内部電極の間の各々で静電容量が発生するが、最上位の静電容量および最下位の静電容量を除いた他の静電容量は、この共振回路の形成への影響は小さい。これは、共振を起こす循環経路の最外層に電流が集中するためである。

【0034】

以下の各実施の形態では、上述のような共振器をメタマテリアルとして用いた帯域除去フィルタおよび帯域除去フィルタ付きコネクタについて例示する。

【0035】

50

[第 1 の実施の形態]

この発明の第 1 の実施の形態では、一般的な積層コンデンサをメタマテリアルとして用いた帯域除去フィルタの構成について例示する。

【 0 0 3 6 】

第 1 の実施の形態に係る帯域除去フィルタ（以下、フィルタ 1 0 0 という）の構成を図 1 を参照しつつ説明する。図 1 A は、フィルタ 1 0 0 の構成を示す図である。

【 0 0 3 7 】

フィルタ 1 0 0 は、積層コンデンサ 1 1 0 を複数含む。積層コンデンサ 1 1 0 は、信号ライン 1 2 0 を軸とする円柱側面上に、放射状に配置されている。積層コンデンサ 1 1 0 は、非磁性体である外装部 1 3 0 によって固定されている。なお、外装部 1 3 0 としては、テフロン（登録商標）等の樹脂材料が適している。外装部 1 3 0 の外側側面にはグラウンド（図示しない）が配置されていてもよい。

10

【 0 0 3 8 】

積層コンデンサ 1 1 0 の構成について図 1 B および図 2 を用いて説明する。図 1 B および図 2 は、それぞれ、積層コンデンサ 1 1 0 の構成を示す図である。図 1 B および図 2 に示すように、積層コンデンサ 1 1 0 は、複数の内部電極 1 1 2 と、第 1 の外部電極 1 1 4 a と、第 2 の外部電極 1 1 4 b とを含む。内部電極 1 1 2 は、第 1 の外部電極 1 1 4 a および第 2 の外部電極 1 1 4 b から交互に引き出されている。第 1 の外部電極 1 1 4 a に接続されている内部電極 1 1 2 と、第 2 の外部電極 1 1 4 b に接続されている内部電極 1 1 2 とが、電極対を形成する。なお、図 1 A および図 1 B においては、理解を容易にするために内部電極を意図的に見えるように描いている。

20

【 0 0 3 9 】

積層コンデンサ 1 1 0 は、図 1、および、フィルタ 1 0 0 を信号ライン 1 2 0 を含む面で見たと断面図である図 3 に示すように、内部電極 1 1 2 の電極面が、信号ライン 1 2 0 を流れる電流 1 4 0 により発生する磁力線 1 5 0 と略平行となるように配置されている。すなわち、内部電極 1 1 2 の電極面は、信号ライン 1 2 0 を軸として、信号ライン 1 2 0 を取り囲むように配置されている。また、第 1 の外部電極 1 1 4 a および第 2 の外部電極 1 1 4 b の電極面は、信号ライン 1 2 0 を流れる電流 1 4 0 により発生する磁力線 1 5 0 と略平行となるように配置されている。すなわち、第 1 の外部電極 1 1 4 a および第 2 の外部電極 1 1 4 b の電極面は、信号ライン 1 2 0 に直交するように配置されている。これらの外部電極は、信号ライン 1 2 0 やグラウンドに電氣的に接続されていない。

30

【 0 0 4 0 】

このように配置されているため、積層コンデンサ 1 1 0 は、負の透磁性を示す。すなわち、積層コンデンサ 1 1 0 の構造や配置により定まる共振周波数において、積層コンデンサ 1 1 0 は、負の透磁率を示す。このため、共振周波数の電磁場の伝播が阻害される。

【 0 0 4 1 】

この積層コンデンサ 1 1 0 は、信号ライン 1 2 0 に電流 1 4 0 が流れると、該電流が発生する電磁波の特定の周波数成分（共振周波数）を受けて共振を生じる。積層コンデンサ 1 1 0 内での共振によって、積層コンデンサ 1 1 0 の内部に逆向きの磁束が発生し、この発生する磁束によって誘導される電界によって、当該電流が発生する電磁波が妨げられる。この結果、信号ライン 1 2 0 では、積層コンデンサ 1 1 0 における共振周波数成分の交流電流の流れが妨げられる。つまり、フィルタ 1 0 0 は、積層コンデンサ 1 1 0 の共振周波数成分を遮断する帯域遮断フィルタとして機能する。

40

【 0 0 4 2 】

ところで、積層コンデンサ 1 1 0 に負の透磁率を発現させるためには、積層コンデンサ 1 1 0 の信号ライン 1 2 0 中の電流 1 4 0 の伝搬方向における長さ l' が、共振周波数における電磁波の波長 λ に対して、少なくとも $\lambda/4$ より短い必要がある。さらに、積層コンデンサ 1 1 0 の長さ l' は、 $\lambda/20$ 以下であることが好ましい。

【 0 0 4 3 】

例えば、長さ $l' = 1.6 \text{ mm}$ 、幅 $W = 0.8 \text{ mm}$ 、高さ $h = 0.8 \text{ mm}$ の積層コンデ

50

ンサ 110 を用いることを考える。この場合、 $l/4 = \text{長さ } l'$ とすると、 $l = 6.4 \text{ m}$ となる。これは、空気中では、周波数 $f_{\text{max}} = 46.875 \text{ GHz}$ に相当する。したがって、この積層コンデンサ 110 を、 $l/4$ 以下のピッチで並べると、フェライトでは実現できないギガヘルツ帯のメタ材料として機能することが分かる。当然のことながら、適用すべき周波数領域に応じて、共振器の長さ l を適宜設計することができる。

【0044】

なお、図 1、図 2 に示したフィルタ 100 あるいは積層コンデンサ 110 の構成は、適宜変更することができる。

【0045】

例えば、図 2 では、積層コンデンサ 110 は 8 層であるとしているが、層の数はこれに限られない。ただし、共振回路の形成のため、少なくとも 2 つの電極対は必要である。

10

【0046】

また、積層コンデンサ 110 の個数も図 1 に示したものに限られるわけではない。例えば、図 1 では、信号ライン 120 を中心に放射状に配置された積層コンデンサ群が 3 段にわたり配置されている例を示したが、この段数は適宜変更可能である。段数を増やすことによって減衰を大きくすることができる。このことは図 6 から分かる。図 6 は、数種類のコンデンサの容量あるいは段数に対する、周波数と比透磁率との関係を示した図である。比透磁率とは、真空の透磁率に対する、透磁率の比を表わす。47 pF の積層コンデンサを 3 段形成した場合よりも、5 段形成したときのほうが比透磁率の変化が大きいことが分かる。また、図 1 では各積層コンデンサ群は、8 つの積層コンデンサ 110 からなる

20

【0047】

さらに、積層コンデンサの容量を変更することで共振周波数を変更することができる。実際、図 6 に示すように、47 pF、68 pF、100 pF の積層コンデンサ 110 に対する共振周波数は、異なる。

【0048】

さらに、積層コンデンサ 110 の信号ライン 120 に対する配置の仕方は、図 3 のものに限られるわけではない。例えば、図 4 のように配置してもよい。図 4 は、積層コンデンサ 110 の他の配置例を説明するための図である。図 4 は、図 3 と同様に、フィルタ 100 を、信号ライン 120 を含む面を見た断面図である。つまり、内部電極 112 の電極面を、信号ライン 120 と略直交する方向に配置し、第 1 の外部電極 114 a および第 2 の外部電極 114 b の電極面を、信号ライン 120 と平行な方向に配置してもよい。

30

【0049】

上述の説明では、内部電極 112、ならびに第 1 の外部電極 114 a および第 2 の外部電極 114 b の各電極面が、信号ライン 120 を流れる電流によって発生する磁界の磁力線に対して平行となるように配置されることで、メタ材料としての機能である負の透磁率を発現させることができることについて述べた。ただし、磁力線に対して、実質的に平行となるように配置されることでも、負の透磁率は発現する。ここで、「実質的に平行」とは、各電極面が磁界の磁力線と直交する状態を除外する意味であり、各電極面が磁界の磁力線とまったく平行である状態以外にも、磁力線に対して所定角度をもつ状態をも含む。実用上は、フィルタ 100 で発現する負の透磁率の大きさが適用アプリケーションなどの要求を満足できる値であれば、「実質的に平行」とみなすことができる。

40

【0050】

実質的に平行な配置でも負の透磁率が発現することについて図 5 を用いて説明する。図 5 は、この発明の実施の形態 1 に従う積層コンデンサ 110 で生じる比透磁率の周波数特性を積層コンデンサ 10 の配向別にシミュレーションした結果を示す図である。

【0051】

図 5 を参照して、配置 (a) および配置 (b) は、それぞれ図 3、図 4 に示した配置に対応し、内部電極 112、ならびに第 1 の外部電極 114 a および第 2 の外部電極 114 b の各電極面が磁界の磁力線に対して平行に配置された場合を示す。また、配置 (c) は

50

、内部電極 1 1 2 の各電極面が磁界の磁力線に対して 45° の角度をもって配置された場合を示す。配置 (d) は、第 1 の外部電極 1 1 4 a および第 2 の外部電極 1 1 4 b の各電極面が磁界の磁力線に対して直交するように配置された場合を示し、配置 (e) は、内部電極 1 1 2 の各電極面が磁界の磁力線に対して直交するように配置された場合を示す。

【 0 0 5 2 】

配置 (a) および配置 (b) では、共振周波数に僅かな違いがあるものの、比透磁率の周波数特性が示すように、十分に大きな負の透磁率が発現していることがわかる。また、配置 (c) では、負の透磁率が発現しているものの、その大きさは配置 (a) や配置 (b) において発現する負の透磁率の大きさに比較して小さくなっていることがわかる。

【 0 0 5 3 】

一方、配置 (d) および配置 (e) では、比透磁率の周波数特性が示すように、共振も生じておらず、負の透磁率も発現していない。

【 0 0 5 4 】

以上のように、内部電極 1 1 2、ならびに第 1 の外部電極 1 1 4 a および第 2 の外部電極 1 1 4 b のうち、いずれかの電極面が磁界の磁力線に対して直交して配置される場合には、負の透磁率が発現しないが、それ以外の配置であれば、各電極面が磁界の磁力線に対してまったくの平行でなくとも、負の透磁率が発現することが分かる。つまり、内部電極 1 1 2 で挟まれた空間を磁場が通過する配置であれば、積層コンデンサ 1 1 0 は、負の透磁率を発現することが分かる。

【 0 0 5 5 】

以上説明してきたフィルタ 1 0 0 は、共振周波数におけるメタ材料の透磁率が負であり、共振周波数の電磁波は、メタ材料中を伝播しないという現象を利用したものである。ここで、本実施の形態に従う積層コンデンサ 1 1 0 は、外部電源などからの電気エネルギーを必要とせず、電流 1 4 0 に伴って放射される電磁波 (特に磁束) だけで共振を生じる、パッシブなデバイスである。そして、積層コンデンサ 1 1 0 は、このような共振を生じさせることによって、負の透磁率を発現させる。そのため、積層コンデンサ 1 1 0 は、伝送線路と GND との間で電氣的に浮いていてよい。よって、フィルタ 1 0 0 は、伝送線路や周囲の GND に接続させることなく、伝送線路を囲うように配置するだけで、フィルタ機能を発揮する。

【 0 0 5 6 】

また、例えば、貫通コンデンサを用いる場合は、伝送線路と周囲の GND との間に容量を持たせて、ノイズを伝送線路から GND に落とすため、コンデンサは伝送線路と GND の間に正しく配置されている必要があるが、本発明に係るフィルタは、伝送線路や GND との間の容量の有無に関わらず、フィルタとして機能する。したがって、挿入精度は必要ないため、後付けとしての利用が可能になる。減衰を調整するための増設も容易である。

【 0 0 5 7 】

以上では、積層コンデンサを用いたメタ材料フィルタについて説明してきたが、積層コンデンサはメタ材料の一例である。例えば、積層コンデンサ 1 1 0 のかわりに、負の透磁率を発現するように配置したスプリットリング共振器型を用いることもできる。

【 0 0 5 8 】

[第 2 の実施の形態]

第 2 の実施の形態に係る帯域除去フィルタ (以下、フィルタ 2 0 0 という) の構成を図 7 を参照しつつ説明する。図 7 は、フィルタ 2 0 0 の構成を示す図である。

【 0 0 5 9 】

フィルタ 2 0 0 は、複数の積層コンデンサ 1 1 0 がその上に固定されたドーナツ状の平板 2 1 0 を複数有する。このような積層コンデンサ 1 1 0 は、例えば、接着剤により平板 2 1 0 に固定される。平板 2 1 0 は、樹脂基板等で作成される。さらに、フィルタ 2 0 0 は、平板 2 1 0 を保持するための筒 2 2 0 を備えるものとする。ただし、筒 2 2 0 は必須ではない。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

ここでは、積層コンデンサ 1 1 0 の信号ライン 1 2 0 に対する配置は、図 4 に示した配置であるとした。ただし、第 1 の実施の形態で説明したように、配置の仕方はこれに限られるものではない。

【 0 0 6 1 】

フィルタ 2 0 0 の積層コンデンサ 1 1 0 の周囲の領域のうち平板 2 1 0 以外の部分は空気であるので、フィルタ 2 0 0 全体の誘電率は、第 1 の実施の形態に係るフィルタ 1 0 0 と比べると、小さい。

【 0 0 6 2 】

この実施の形態に係るフィルタ 2 0 0 のサイズは、複数の積層コンデンサ 1 1 0 と、平板 2 1 0 とからなるユニットの枚数を増減することで、容易に変更することができる。したがって、コネクタの挿入可能な奥行きに応じたサイズ変更が可能である。また、ユニット枚数の増減により、容易に減衰量を調整することができる。

10

【 0 0 6 3 】

[第 3 の実施の形態]

第 3 の実施の形態に係る帯域除去フィルタ（以下、フィルタ 3 0 0 という）の構成を図 8 および図 9 を参照しつつ説明する。

【 0 0 6 4 】

図 8 は、フィルタ 3 0 0 の斜視図である。図 8 に示すように、フィルタ 3 0 0 は、3 つの基材 3 1 0 からなる。ただし、基材 3 1 0 の個数はこれに限られるわけではない。基材 3 1 0 には、第 1 の電極 3 2 0 と、第 2 の電極 3 3 0 とが埋め込まれている。また、第 1 の電極 3 2 0 と第 2 の電極 3 3 0 は、樹脂基板中に形成されたビア 3 4 0 および導体板 3 5 0 により電氣的に接続されている。

20

【 0 0 6 5 】

図 9 は、フィルタ 3 0 0 の断面図である。図 9 (a) ~ (d) はそれぞれ、第 1 の電極 3 2 0 が存在する面、第 2 の電極 3 3 0 が存在する面、第 2 の電極 3 3 0 と導体板 3 5 0 との間の面、導体板 3 5 0 が存在する面での断面図である。

【 0 0 6 6 】

基材 3 1 0 は、セラミック多層基板や樹脂基板に通常のプリント基板工法を施すことで作れる。したがって、本実施の形態に係るフィルタ 3 0 0 は、安価に製造できる。

30

【 0 0 6 7 】

また、本形態によれば、ドーナツ状や扇形の電極が形成できるので、四角柱の共振器を並べるよりも空間を有効に使える。したがって、フィルタ効果を高めることができる。

【 0 0 6 8 】

なお、ここでは、基材 3 1 0 として 1 対の電極のみが形成されている単板ユニットを利用する例を示した。この構成によれば、第 2 の実施の形態のように、必要な個数のユニットを用いることで、サイズの変更、減衰量の調整が容易になる。ただし、複数対の電極が形成された基材 3 1 0 を用いてもよい。

【 0 0 6 9 】

[第 4 の実施の形態]

第 4 の実施の形態に係る帯域除去フィルタ（以下、フィルタ 4 0 0 という）の構成を図 1 0、図 1 1、図 1 2 を参照しつつ説明する。

40

【 0 0 7 0 】

図 1 0 は、フィルタ 4 0 0 の斜視図である。図 1 0 に示すように、フィルタ 4 0 0 は、互いに径が異なる同心円筒面である複数の円筒型電極が形成された円筒コンデンサ 4 1 0 を複数含む。

【 0 0 7 1 】

図 1 1 は、軸を含む平面を切断面とする円筒コンデンサ 4 1 0 の断面図である。円筒コンデンサ 4 1 0 は、第 1 の外部電極 4 3 0 a と、第 2 の外部電極 4 3 0 b と、内部電極 4 2 0 とを含む。内部電極 4 2 0 のうち、図 1 1 の外側から奇数番目の内部電極は、第 1 の

50

外部電極 430 a に接続され、偶数番目の内部電極は、第 2 の外部電極 430 b に接続されている。

【0072】

図 12 は、円筒コンデンサ 410 の径方向の断面図である。ここでは、円筒コンデンサ 410 は、7 枚の内部電極を有するものとする。ただし、この枚数は特にこれに限られない。

【0073】

[第 5 の実施の形態]

第 1 の実施の形態から第 4 の実施の形態で説明した帯域除去フィルタは、いずれも、コネクタに実装することができる。

10

【0074】

通常、コネクタ、ピン、誘電体で提供され、ユーザーが組み立てる S M A コネクタの場合、ユーザが必要に応じて、既存の誘電体部を、同形状のメタマテリアルフィルタに取り替えるだけで、フィルタ機能を付加する事が可能になる。

【0075】

また、N コネクタ、A P C 7 M M コネクタ、K コネクタなどのように、誘電体を使わず空気層となっているコネクタの場合、コネクタ部にメタマテリアルフィルタを内蔵するだけで、フィルタ機能を持たせる事ができる。例えば、第 1 の実施の形態に係るフィルタ 100 を、図 13 に示すようにコネクタ 1300 に挿入し、コネクタ 1300 内にシリコン樹脂等で固定することで、帯域除去機能付きコネクタを製作することができる。

20

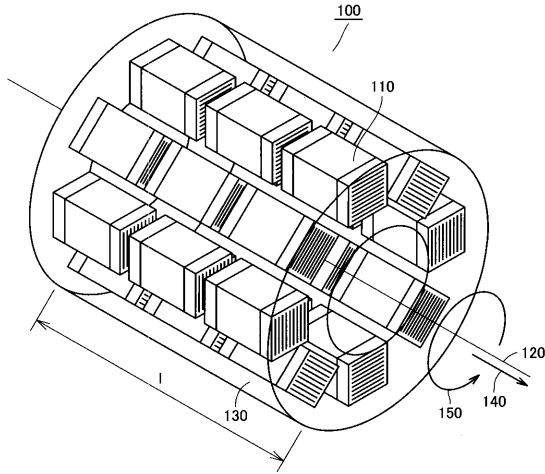
【0076】

コネクタには、N 型コネクタから形態の基板に使われる超小型コネクタまで様々あるが、各実施の形態で説明したような積層コンデンサなどを用いるのであれば、かなりの小型コネクタに対応できる。

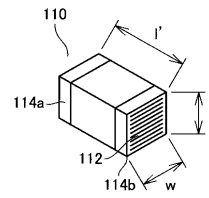
【0077】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

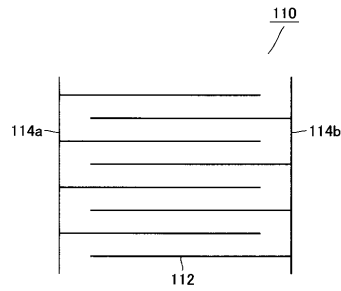
【 図 1 A 】



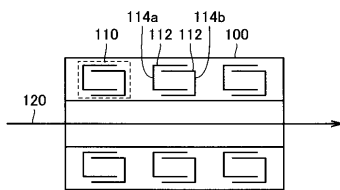
【 図 1 B 】



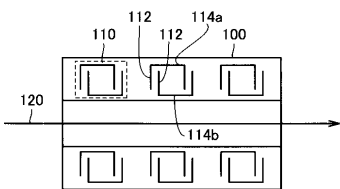
【 図 2 】



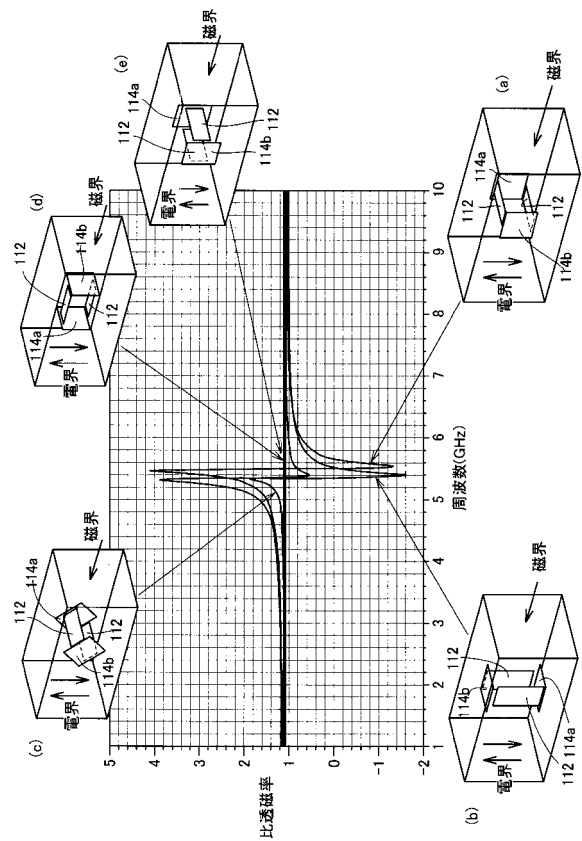
【 図 3 】



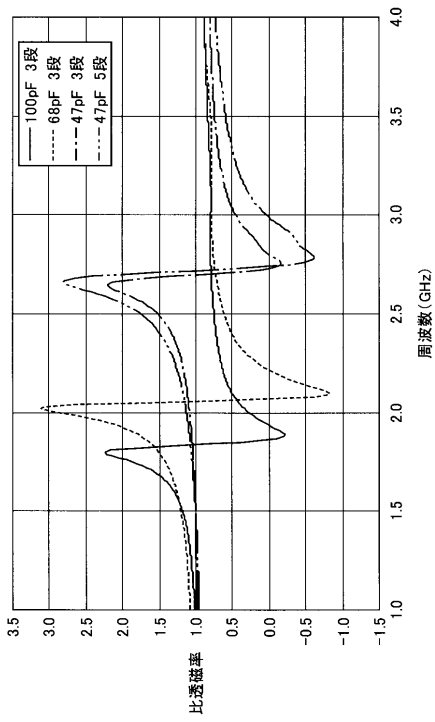
【 図 4 】



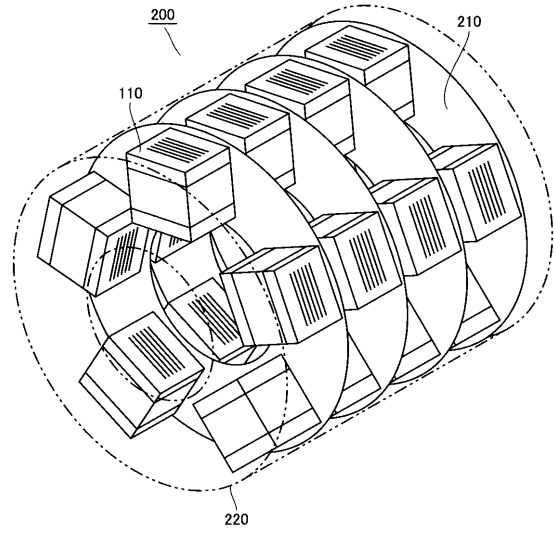
【 図 5 】



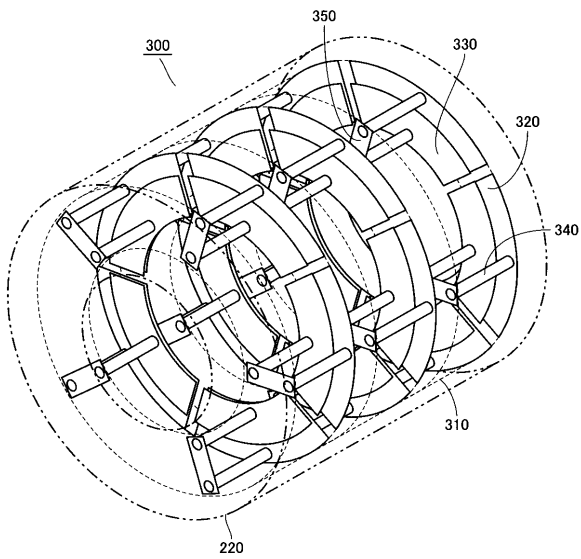
【 図 6 】



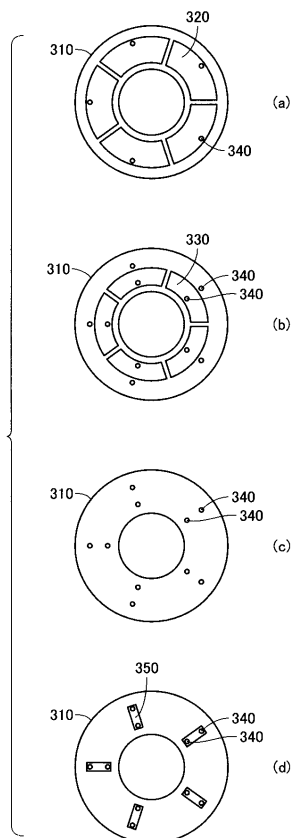
【 図 7 】



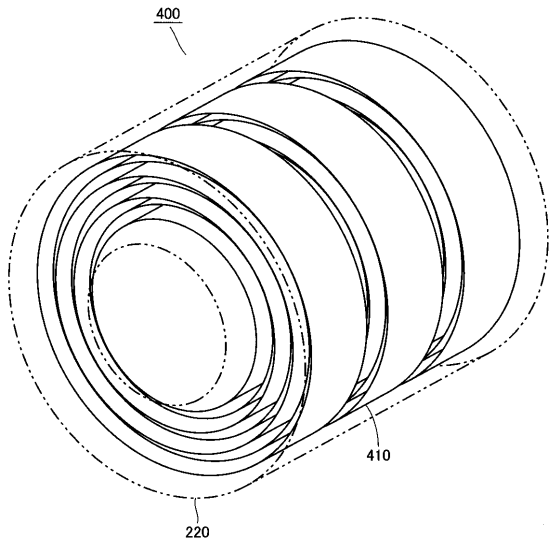
【 図 8 】



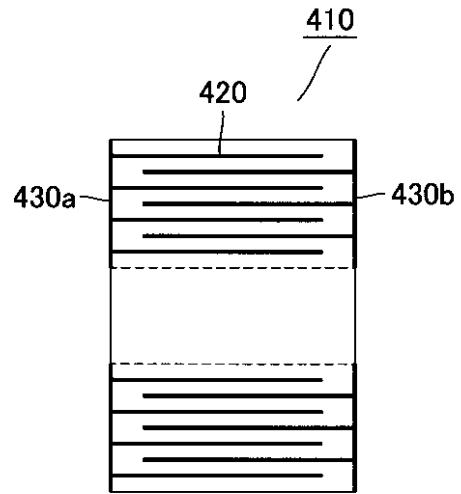
【 図 9 】



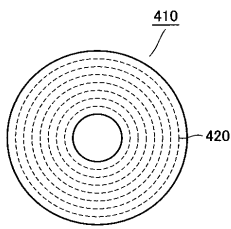
【図10】



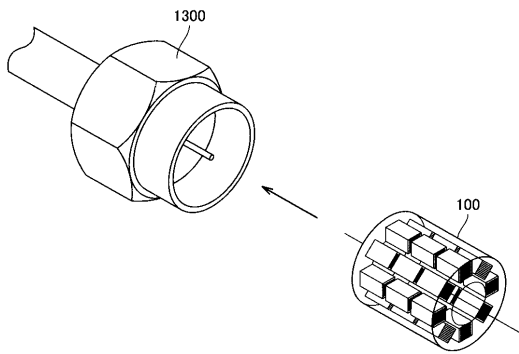
【図11】



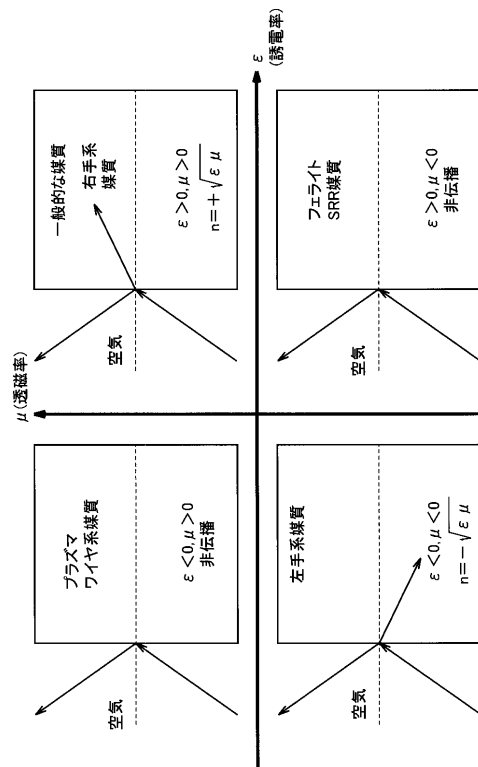
【図12】



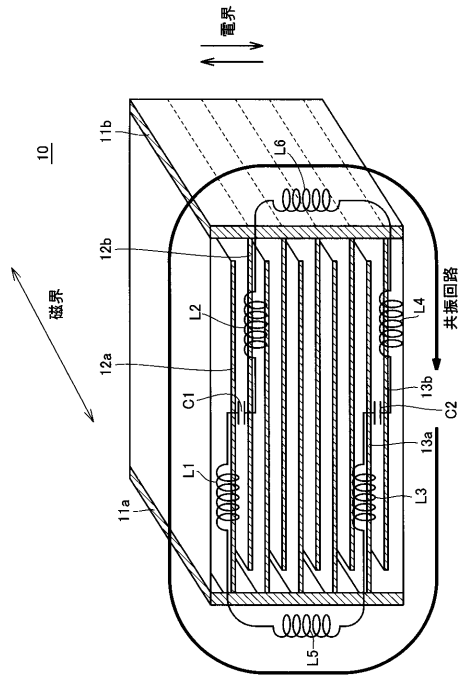
【図13】



【図14】



【 図 1 5 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成22年4月13日 (2010.4.13)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 請求項 1 3

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 請求項 1 3 】

前記メタ材料(110)の前記信号ライン(120)に沿った長さは、前記特定の周波数成分に相当する1波長の1/4より短くなるように形成される、請求の範囲第1項に記載の帯域除去フィルタ。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2008/070409
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01P1/20(2006.01)i, H01G4/35(2006.01)i, H01R24/02(2006.01)i, H05K9/00(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01P1/20, H01G4/35, H01R24/02, H05K9/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus (JDreamII)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4424551 A (Stevenson et al.), 03 January, 1984 (03.01.84), Full text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2000-331878 A (Expantech. Co., Ltd.), 30 November, 2000 (30.11.00), Figs. 5 to 6, 11; Par. Nos. [0018] to [0022] & US 6351368 B1 & KR 10-2001-0020686 A	1-14
A	JP 2007-158675 A (NEC Corp. et al.), 21 June, 2007 (21.06.07), Full text; all drawings (Family: none)	1-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 03 December, 2008 (03.12.08)		Date of mailing of the international search report 16 December, 2008 (16.12.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2008/070409									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01P1/20(2006.01)i, H01G4/35(2006.01)i, H01R24/02(2006.01)i, H05K9/00(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01P1/20, H01G4/35, H01R24/02, H05K9/00											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2008年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2008年	日本国実用新案登録公報	1996-2008年	日本国登録実用新案公報	1994-2008年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2008年										
日本国実用新案登録公報	1996-2008年										
日本国登録実用新案公報	1994-2008年										
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) JSTPlus (JDreamII)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号									
A	US 4424551 A (Stevenson et al.) 1984.01.03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14									
A	JP 2000-331878 A (エクスパンテック シーオー., エルティディ.) 2000.11.30, 図5-6, 11, [0018]-[0022] & US 6351368 B1 & KR 10-2001-0020686 A	1-14									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。											
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 03.12.2008		国際調査報告の発送日 16.12.2008									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 岸田 伸太郎	5T 9183								
		電話番号 03-3581-1101	内線 3568								

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 8 / 0 7 0 4 0 9
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2007-158675 A (日本電気株式会社 外 1) 2007.06.21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(72)発明者 東條 淳

京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内

Fターム(参考) 5E021 FA02 FA08 FB11 FC19 MA09

5J006 HA26 HA31 HA34 JA02 LA03

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。