

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-191521

(P2012-191521A)

(43) 公開日 平成24年10月4日(2012.10.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 P 1/203 (2006.01)	HO 1 P 1/203	5 J 0 0 6
HO 1 P 1/205 (2006.01)	HO 1 P 1/205	K
HO 1 P 7/08 (2006.01)	HO 1 P 7/08	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2011-54681 (P2011-54681)
 (22) 出願日 平成23年3月11日 (2011.3.11)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100091340
 弁理士 高橋 敬四郎
 (74) 代理人 100105887
 弁理士 来山 幹雄
 (72) 発明者 ミイ シャオユウ
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
 (72) 発明者 豊田 治
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変フィルタ装置および通信装置

(57) 【要約】

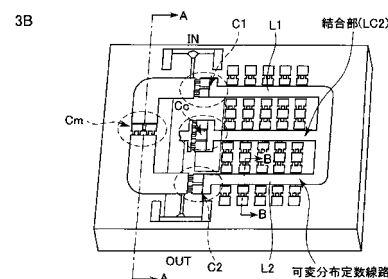
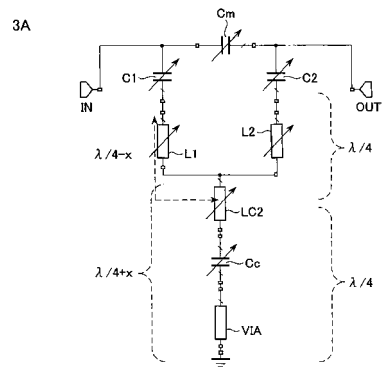
【課題】

可変フィルタ装置の通過帯域の中心周波数と共に通過帯幅も可変にする。

【解決手段】

可変フィルタ装置は、接地導体を内蔵した誘電体基板に、入力端子、出力端子を配置し、伝送線路を含み、一端が前記入力端子に接続された第1共振器と、伝送線路を含み、一端が前記出力端子に接続された第2共振器と、第1共振器の他端と第2共振器の他端とに一端が接続され、他端が開放端である伝送線路、または第1共振器の他端と第2共振器の他端とに一端が接続され、伝送線路と可変キャパシタとの直列接続を含み、可変キャパシタの他端が接地導体に接続されている結合部と、第1及び第2の共振器、及び結合部において、電気伝播長を変更できる調整手段と、を有し、結合部と第1又は第2の共振器とを含む伝送線路の電気伝播長のうち、結合部が占める割合を代えることによって通過帯域幅を変えることができる。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

接地導体を内蔵した誘電体基板と、
前記誘電体基板に形成された入力端子と、
前記誘電体基板に形成された出力端子と、
伝送線路を含み、一端が前記入力端子に接続された第 1 共振器と、
伝送線路を含み、一端が前記出力端子に接続された第 2 共振器と、
前記第 1 共振器の他端と前記第 2 共振器の他端とに一端が接続され、他端が開放端である伝送線路、または前記第 1 共振器の他端と前記第 2 共振器の他端とに一端が接続され、伝送線路と可変キャパシタとの直列接続を含み、前記可変キャパシタの他端が前記接地導体に接続されている結合部と、

前記第 1 及び第 2 の共振器、及び前記結合部において電気伝播長を変更できる調整手段と、
を有し、前記結合部と前記第 1 又は第 2 の共振器とを含む伝送線路の電気伝播長のうち、前記結合部が占める割合を変えることによって通過帯域幅を変えることができる可変フィルタ装置。

【請求項 2】

前記調整手段が、前記第 1 及び第 2 の共振器の伝送線路、及び前記結合部の伝送線路の少なくとも 1 つを一方の電極とし、前記接地導体に接続された対向電極を他方の電極とする可変キャパシタを含む請求項 1 に記載の可変フィルタ装置。

【請求項 3】

前記調整手段が、前記第 1 共振器の伝送線路を一方の電極とし、前記接地導体に接続された対向電極を他方の電極とする第 1 可変キャパシタと、前記第 2 共振器の伝送線路を一方の電極とし、前記接地導体に接続された対向電極を他方の電極とする第 2 可変キャパシタと、前記結合部の伝送線路を一方の電極とし、前記接地導体に接続された対向電極を他方の電極とする第 3 可変キャパシタとを含む請求項 2 に記載の可変フィルタ装置。

【請求項 4】

前記第 1 の共振器が、第 1 のインピーダンスマッチング用可変キャパシタと第 1 の伝送線路の直列接続を含み、前記第 2 の共振器が、第 2 のインピーダンスマッチング用可変キャパシタと第 2 の伝送線路の直列接続を含む請求項 1 または 2 に記載の可変フィルタ装置。

【請求項 5】

前記入力端子と前記出力端子とを結合する飛び越しキャパシタをさらに有する請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の可変フィルタ装置。

【請求項 6】

前記飛び越しキャパシタが、可変キャパシタである請求項 5 記載の可変フィルタ装置。

【請求項 7】

前記可変キャパシタの少なくとも 1 つは、前記誘電体基板上に形成され、伝送線路に接続された固定電極と、前記誘電体基板上に形成された駆動電極と、前記固定電極及び前記駆動電極上方に延在し、前記接地導体に接続された可動電極とを含む請求項 2 ~ 4 , 6 のいずれか 1 項に記載の可変フィルタ装置。

【請求項 8】

前記可変キャパシタの少なくとも 1 つがパラクタを含む請求項 2 ~ 4 , 6 のいずれか 1 項に記載の可変フィルタ装置。

【請求項 9】

前記可変キャパシタは少なくとも 1 つが、複数の固定キャパシタとこれらの固定キャパシタを切り替えるスイッチから構成される、デジタル制御が可能なキャパシタバンクを含む請求項 2 ~ 4 , 6 , 8 のいずれか 1 項に記載の可変フィルタ装置。

【請求項 10】

前記結合部が分布定数型の伝送線路と可変キャパシタの第 3 キャパシタとの直列接続を含み、前記第 3 キャパシタの他端が前記誘電体基板上に埋め込まれたピア導電体を介して前

10

20

30

40

50

記接地導体に接続されている請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の可変フィルタ装置。

【請求項 1 1】

前記誘電体基板は、低温同時焼成セラミックスで形成されている請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項記載の可変フィルタ装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 ~ 1 1 のいずれか 1 項記載の可変フィルタ装置を含む通信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高周波信号の帯域通過に用いられる可変フィルタ装置、およびそれを用いた通信装置に関する。 10

【背景技術】

【0002】

近年、携帯電話をはじめとする移動体通信（モバイル通信）の市場が拡大するとともに、そのサービスの高機能化が進展している。移動体通信に利用される周波数帯は、次第にギガヘルツ（GHz）以上の高い周波数帯にシフトし、しかも多チャンネル化される傾向がある。また、ソフトウェアによって、通信システムを変更するソフトウェア無線（SDR：software-defined-radio）の将来的な導入の可能性も盛んに検討されている。ソフトウェア無線を実現するには、回路特性の大幅な調整可能範囲が望まれる。

【0003】

図 4 は、従来 of 周波数可変フィルタ 100 j を示す回路図である。周波数可変フィルタ 100 j は、複数のチャンネルフィルタ 101 a, 101 b, 101 c ...、およびスイッチ 102 a, 102 を有する。スイッチ 102 a, 102 b を切り換えることによってチャンネルフィルタ 101 a, 101 b, 101 c ... のいずれかを選択し、周波数帯域を切り換える。入力端子 103 から入力される高周波信号は、選択されたチャンネルフィルタ 101 に応じたフィルタリングが行われ、出力端子 104 から出力される。 20

【0004】

この周波数可変フィルタ 100 j は、チャンネル数分のチャンネルフィルタを有する。多チャンネルとすると、チャンネルフィルタ数が増加して、構成が複雑となり、サイズとコストも増加する。ソフトウェア無線の実現可能性も低い。 30

【0005】

近年、MEMS（micro electro mechanical systems）を用いた小型の周波数可変フィルタが注目されている。MEMS を利用した MEMS デバイス（マイクロマシンデバイス）は、高い Q（クオリティファクタ）が得られ、高い周波数帯域の可変フィルタへの適用が可能である（特許文献 1、2、非特許文献 1、2、3）。また、MEMS デバイスは、小型でありかつ低損失であるため、CPW（coplanar waveguide）分布定数共振器にしばしば用いられる。

非特許文献 3 には、三段の分布定数線路を MEMS デバイスによる複数の可変キャパシタが跨ぐ構造のフィルタが開示されている。このフィルタにおいて、MEMS デバイスの駆動電極に制御電圧 V b を印加して可変キャパシタを変位させ、分布定数線路との間のギャップを変化させ、静電容量を変化させる。静電容量の変化によって、フィルタの通過帯域が変化する。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2008 - 278147 号公報

【特許文献 2】特開 2010 - 220139 号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献 1】D. Peroulis et al, "Tunable Lumped Components with Applications 50

to Reconfigurable MEMS Filters ”, 2001 IEEE MTT-S Digest, p341-344

【非特許文献2】E. Fourn et al, “MEMS Switchable Interdigital Coplanar Filter ”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 51, NO.1 p320-324, January 2003

【非特許文献3】A. A. Tamijani et al, “Miniature and Tunable Filters Using MEMS Capacitors ”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 51, NO.7, p1878-1885, July 2003

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従来のフィルタは、通過帯域の中心周波数を可変することが可能であるが、通過帯域幅を可変することはできない。 10

【0009】

本発明の1つの目的は、通過帯域の中心周波数とともに通過帯域幅を調整することのできるフィルタ、および通信装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

1実施形態によれば、
 接地導体を内蔵した誘電体基板と、
 前記誘電体基板に形成された入力端子と、
 前記誘電体基板に形成された出力端子と、
 伝送線路を含み、一端が前記入力端子に接続された第1共振器と、
 伝送線路を含み、一端が前記出力端子に接続された第2共振器と、
 前記第1共振器の他端と前記第2共振器の他端とに一端が接続され、他端が開放端である伝送線路、または前記第1共振器の他端と前記第2共振器の他端とに一端が接続され、伝送線路と可変キャパシタとの直列接続を含み、前記可変キャパシタの他端が前記接地導体に接続されている結合部と、
 前記第1及び第2の共振器、及び前記結合部において電気伝播長を変更できる調整手段と、
 を有し、前記結合部と前記第1又は第2の共振器とを含む伝送線路の電気伝播長のうち、前記結合部が占める割合を変えることによって通過帯域幅を変えることができる可変フィルタ装置 20
 が提供される。 30

【発明の効果】

【0011】

通過帯域の中心周波数とともに、通過帯域幅を調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1-1】と、

【図1-2】図1Aは、実施例1による可変フィルタの等価回路図、図1B、図1Cは、MEMS可変キャパシタを備えた可変分布定数型伝送線路の例の上面図および断面図、図1Dは伝送線路に直列接続される可変キャパシタの構造例の断面図、図1Eはバラクタを用いた可変キャパシタの等価回路図、図1FはMEMS可変キャパシタを備えた可変分布定数型伝送線路の他の例の断面図である。 40

【図2】図2Aは実施例1による可変フィルタの入力側および出力側の共振器のトータルの電気長を変化させた時の通過帯域の変化を示すグラフ、図2A、2Bは結合部の電気長 x の $1/4$ ($\lambda/4$ は波長) に対する比 k を変化させた時の通過帯域の変化を示すグラフ、図2Cは k の変化に対する $-3dB$ 帯域幅の変化を示すグラフである。

【図3】図3Aは、実施例2による可変フィルタの等価回路図、図3Bは図3Aの回路を実現する構造例の斜視上面図である。

【図4】従来技術による周波数可変フィルタの等価回路図である。 50

【発明を実施するための形態】

【0013】

図1Aは、実施例1による可変フィルタの等価回路図である。入力端子INに第1の可変キャパシタC1と分布定数型の第1の可変伝送線路L1が接続され、出力端子OUTに第2の可変キャパシタC2と分布定数型の第2の可変伝送線路L2が接続され、伝送線路L1、L2の他端に結合部として分布定数型の第3の可変伝送線路LC1が接続されている。伝送線路LC1の結合部から見ると、一端を分岐点として、伝送線路L1の第1分岐部、伝送線路L2の第2分岐部が接続されているとも言える。伝送線路LC1の他端は、開放端である。入力端子IN、出力端子OUT間に、必須の構成要件ではないが、段間可変キャパシタCmが接続されている。伝送線路L1、L2、LC1は電気長が可変な共振器を構成する。可変フィルタは、接地層を内蔵するLTCC (low temperature co-fired ceramics) 等の誘電体基板上に形成される。

10

【0014】

可変キャパシタC1、C2によって、外部とのインピーダンス整合を行うことができる。段間可変キャパシタCmは通過帯域の両側に減衰極を形成し、通過帯域の形状を急峻にすることができる。第1の可変伝送線路L1、第2の可変伝送線路L2、結合部可変伝送線路LC1は、それぞれの電気長が、 $(\quad / 4) + x$ 、 $(\quad / 4) + x$ 、 $(\quad / 4) - x$ である。この可変フィルタは、入力端子INから出力端子OUTに、波長 λ の高周波信号を通過させる。

【0015】

入力端子INから入射した高周波信号は、インピーダンス調整用キャパシタC1を通過した後、分岐部の第1の伝送線路L1、結合部の伝送線路LC1へと進み、伝送線路LC1の開放端で反射する。反射した高周波信号は、伝送線路LC1を逆行し、分岐部から第1の伝送線路L1に再入射する。第1の伝送線路L1のC1側端で反射され、伝送線路L1を逆行する。つまり最初の状態と類似の状態になる。以後同様の動作を繰り返す。ここで、伝送線路LC1を逆行した高周波信号の少なくとも一部は、分岐部の第2の伝送線路L2に入射する。各伝送線路が上記の電気長を有する場合、波長 λ の高周波信号は、ほぼ全て第2の伝送線路に供給される。

20

【0016】

図1B、1Cは、可変伝送線路の電気長を可変にする調整構造を示す上面図および断面図である。図1Bに示すように線路Lの上方に可動電極MEが配置されている。可動電極MEの数は、必要に応じて増減でき、1つでもよい。図1Cは、1つの可動電極MEを横断するIC-IC線に沿う断面図である。図に示すように、誘電体基板20の上に例えば銅製の伝送線路Lが形成される。伝送線路Lは、底部が両側に張り出して上部より幅広くされ、張り出し部上方に可変キャパシタVCの可動電極MEを収容する空間を確保している。このような構造は、例えば外郭を規定する開口を備えたレジストパターンを用いた2回のメッキ工程で作成することができる。伝送線路Lの張り出し部が、可変キャパシタVCの固定電極FEを構成する。張り出し部上面には、絶縁層21が形成され、短絡防止と実効誘電率向上の機能を果たす。絶縁層は、無機絶縁材料で形成しても有機絶縁材料で形成してもよい。場合によって、絶縁層はなくてもよい。

30

【0017】

可動電極MEは、誘電体基板20上に形成された、例えば銅製の片持ち梁構造CLに支持される。片持ち梁CLの先端が可動電極MEを構成すると考えることもできる。このような構造は、例えば立体形状を有する開口を備えたレジストパターンを用いたメッキ工程で作成することができる。外郭を規定する開口を備えたレジストパターンを用いた2回のメッキ工程で形成してもよい。誘電体基板20上の、片持ち梁CLの可動部下方に、駆動電極DEが形成される。駆動電極は、例えば伝送線路の張り出し部と同時に作成することができる。伝送線路とは別の金属材料を別の工程で形成してもよい。この場合はスパッタリング等別のプロセスを用いてもよい。

40

【0018】

50

誘電体基板 20 は、セラミックス層 21 の上に Ag 等で形成され、接地層となる導電金属層 22 を配置し、その上にさらにセラミックス層 23 を形成した構成を有する。このような構造は、セラミックスグリーンシート層、導電層(配線層)、セラミックスグリーンシート層を位置合わせして積層し、焼結することにより形成することができる。セラミックス層には層間接続用の金属ビアや、高周波信号の DC 駆動バスへの漏れを防ぐための高インピダンス抵抗ビアが形成されている。セラミックスの誘電率は約 3 から約 100 の範囲で選択できる。片持ち梁 CL の支持部下方、駆動電極の下方には、ビア導電体が埋め込まれる。片持ち梁 CL は接地層 22 に接続され、駆動電極 DE は貫通ビア導電体 25 を介して、誘電体基板 20 裏面に形成された端子 26 に接続される。誘電体基板の裏面に RF 信号、DC 駆動信号を入力、出力するためのパッドを形成してもよい。これらのパッドは基板内部の金属ビアと高インピダンス抵抗ビアを介して、基板表面にある構造体や基板内部の配線と接続する。

10

【0019】

図 1C の構成においては可動電極 ME は接地層に接続されている。駆動電極 DE に 10 V ~ 100 V 程度の直流電圧を印加する。静電引力により、可動電極 ME は固定電極 FE に引き寄せられる。伝送線路 L の電気長は可変キャパシタ VC の可変容量と伝送線路 L の回路定数によって決まる。可変容量を大きくすると電気長を長くすることができる。

【0020】

図 1D は、信号通路中に接続される可変キャパシタ C1, C2, Cm の構成例を示す断面図である。誘電体基板 20 上に、底部に張り出し電極を有する下電極線路 L01、頂部に張り出し電極を有する上電極線路 L02 が張り出し電極部をオーバーラップさせて、可変キャパシタを形成する。上電極線路 L02 の張り出し電極下方には駆動電極 DE が形成される。下電極線路 L01 の張り出し電極上面には絶縁膜 28 が形成されている。駆動電極 DE は貫通ビア導電体 25 を介して、誘電体基板 20 裏面の端子 26 に接続されている。上電極線路 L01 の張り出し電極は片持ち梁構造であり、駆動電極に直流電圧を印加して静電引力を発生させることにより下方に変位する。可変キャパシタの例として、図 1B - 1C, 1D に MEMS キャパシタを示したが、可変キャパシタは MEMS キャパシタに限らない。

20

【0021】

図 1E はバラクタを用いた可変キャパシタを示す。バラクタダイオード BD は逆バイアス下で容量を変化させる。逆バイアスを印加するためのインダクタ L11, L12 がバラクタ BD の正極、負極に接続される。バラクタを通過して高周波信号を流し、直流バイアス電圧は遮断するためのキャパシタ C11, C12 がバラクタ BD の正極、負極に接続される。

30

【0022】

MEMS 可変キャパシタは、片持ち梁構造に限らない。種々の形態が可能である。

【0023】

図 1F は(両持ち)梁構造の可変キャパシタの構成例を示す。誘電体基板 20 上に一対の柱状導電支持部 PL が形成され、その間に梁構造の可動電極 ME が形成される。可動電極 ME の下方の誘電体基板 20 上に伝送線路 L が配置される。伝送線路 L の両側の誘電体基板 20 上に駆動電極 DE が形成される。伝送線路 L、および駆動電極 DE の上には誘電体層 27, 29 が形成される。伝送線路 L、および駆動電極 DE の上に誘電体層 27, 29 が無くてもよい。誘電体基板 20 内の構成は図 1C の構成と同様である。

40

【0024】

図 2A は、図 1A の構成において、伝送線路 L1, L2, LC1 の可変キャパシタに直流電圧を印加して伝送線路の電気長を増大した時の、可変フィルタの通過特性の変化を示すグラフである。横軸が周波数を GHz で示し、縦軸が通過率を単位 dB で示す。1例において、印加電圧を 0 V から 80 V まで 20 V ずつ増加した時のフィルタの通過特性を示す。通過帯域の中心周波数は、約 4.4 GHz から約 2.06 GHz まで変化している。

【0025】

50

図 2 B は、図 1 A の構成において、結合係数 k を変化させた時の可変フィルタの通過特性を示すグラフである。結合係数 k は、結合路の電気長を $(\lambda/4) + x$ 、共振器 L_1 、 L_2 の電気長を $(\lambda/4) - x$ とした時、4 分の 1 波長 $(\lambda/4)$ に対する x の比 $k = x / (\lambda/4)$ である。結合係数 x が、0.1 から 0.02 へと小さくなるにつれ、通過帯域幅は狭く変化している。

【0026】

図 2 C は、結合係数 x の変化に対する -3 dB 帯域幅の変化を取り出して示すグラフである。 -3 dB 帯域幅は、ピークから -3 dB の変化を示す帯域の幅である。結合係数の増加と共に、帯域幅がリニアに増加することが示されている。

【0027】

これらのグラフから、図 1 A の回路が、伝送線路 L_1 、 L_2 、 LC_1 の結合容量を変化させることにより、通過帯域の中心周波数と帯域幅の両者を制御できることが判る。例えば、通過帯域の中心周波数と帯域幅を伝送線路 L_1 、 L_2 、 LC_1 の各結合容量の値、ないしその容量を得るための印加電圧の関数として、ルックアップテーブルとすれば、所望の中心周波数と帯域幅を得るのにどのような電圧を駆動電極に印加すればよいかを簡単に知ることができる。

【0028】

実施例 1 においては、結合部の伝送線路 LC_1 の電気長が $(\lambda/4) + x$ であり、伝送線路の物理的長さが長い。よりコンパクトにできる構造が可能であれば好ましい。

【0029】

図 3 A は、実施例 2 による可変フィルタの等価回路である。実施例 1 と異なる点を主に説明する。実施例 1 の開放端を有する伝送線路 LC_1 が、結合部の第 3 の伝送線路 LC_2 と可変キャパシタ C_c とピア導電体が構成する線路 VIA の直列接続に交換され、線路 VIA の他端は接地される。結合部のトータルの電気長は、 $(\lambda/4) + x$ である。分岐部分は、実施例 1 と同様であり、各共振器の電気長は $(\lambda/4) - x$ である。可変キャパシタ C_c を導入することにより、伝送線路 LC_2 の電気長を短くすることができる。

【0030】

図 3 B は、図 3 A の回路を実現する構成例の斜視上面図である。入力端子 IN に可変キャパシタ C_1 と伝送線路 L_1 の直列接続が接続され、出力端子 OUT に可変キャパシタ C_2 と伝送線路 L_2 の直列接続が接続され、可変キャパシタ C_1 、 C_2 間を可変キャパシタ C_m の電極が接続した形状を有す。伝送線路 L_1 と L_2 は結合部の伝送線路 LC_2 に接続され、結合部の伝送線路の他端は可変キャパシタ C_c 、ピア導電体を介して接地される。伝送線路 L_1 、 L_2 、 LC_2 の各々の上方 5 箇所可変キャパシタが形成されている。A-A 線に沿う断面は、例えば図 1 D に示す構造を有する。B-B 線に沿う断面は、例えば図 1 C に示す構造を有する。可変キャパシタ C_1 、 C_2 の構造も、例えば図 1 D に示す構造となる。

【0031】

以上実施例に沿って説明したが、本発明はこれら実施例に限られるものではない。例えば、セラミックス基板に換え、ガラスエポキシ基板を用いることも可能である。その他、種々の変更、置換、改良、組み合わせ等が可能なのは、当業者に自明であろう。

【符号の説明】

【0032】

IN	入力端子、
OUT	出力端子、
C_1 、 C_2 、 C_m 、 C_c	可変キャパシタ、
L_1 、 L_2 、 LC_1 、 L	伝送線路、
ME	可動電極、
FE	固定電極、
DE	駆動電極、
VC	可変キャパシタ、

10

20

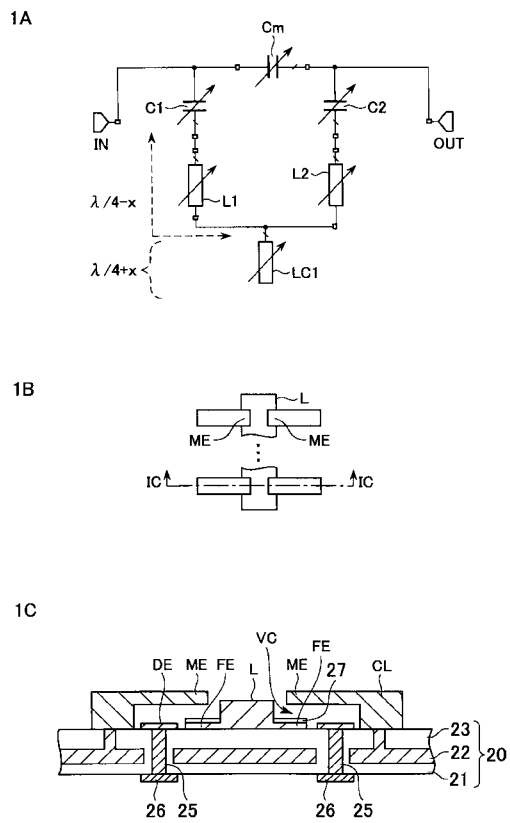
30

40

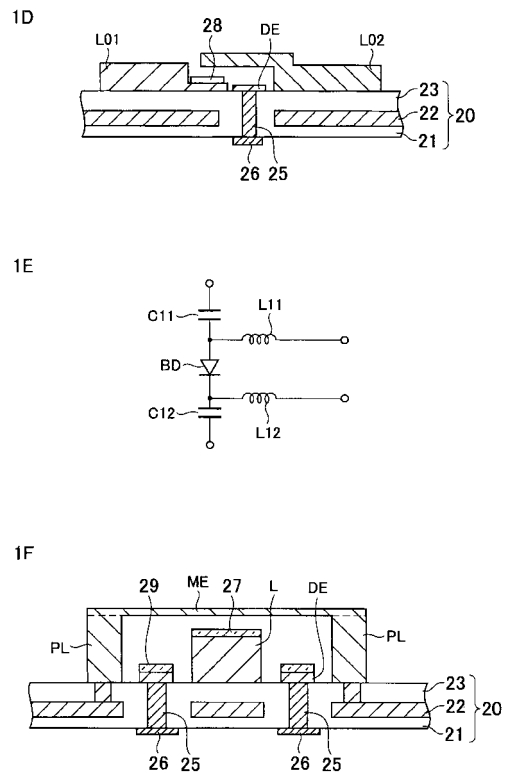
50

C L	片持ち梁構造、
L 1 1 , L 1 2	インダクタ、
2 0	誘電体基板、
2 1、2 3	セラミック層、
2 2	接地層、
2 5	貫通ビア導電体、
2 6	端子、
2 7 , 2 8 , 2 9	絶縁膜、
P L	柱状導電支持部。

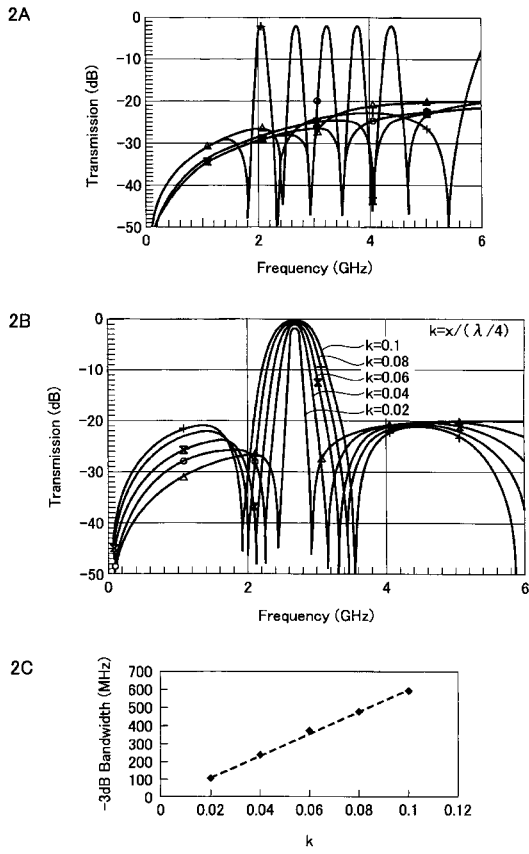
【 図 1 - 1 】



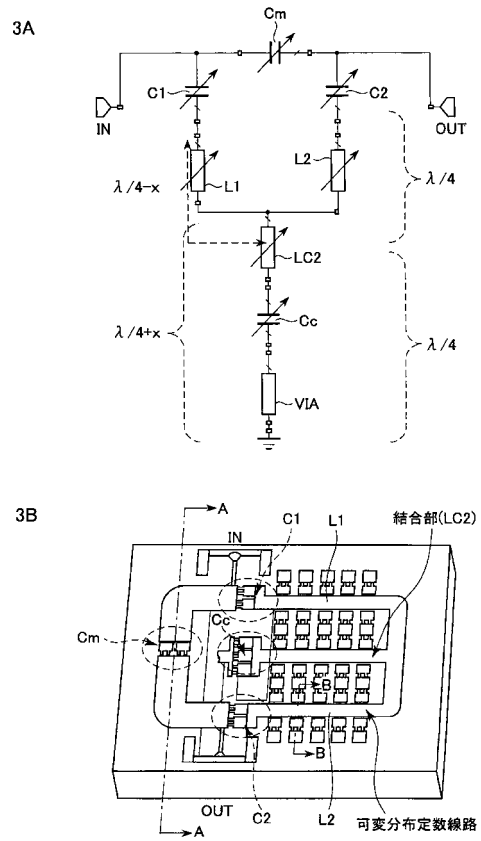
【 図 1 - 2 】



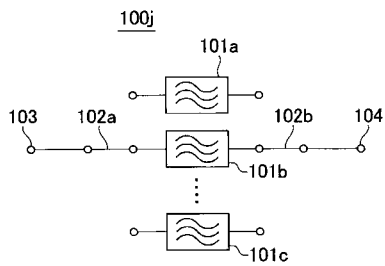
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 上田 知史

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 5J006 HB03 HB13 JA01 JA11 LA11 MA08 MA09 NA04 NB07 NE16