(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2022-128590
(P2022-128590A)
(43)公開日　令和4年9月2日(2022.9.2)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
H03H	*9/17 (2006.01)*	H03H	9/17	F	5J108
H03H	*9/54 (2006.01)*	H03H	9/54	Z	
H03H	*9/56 (2006.01)*	H03H	9/56	Z	

審査請求　未請求　請求項の数　20　ＯＬ　外国語出願　（全17頁）

(21)出願番号　特願2022-22554(P2022-22554)
(22)出願日　令和4年2月17日(2022.2.17)
(31)優先権主張番号　17/182,988
(32)優先日　令和3年2月23日(2021.2.23)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

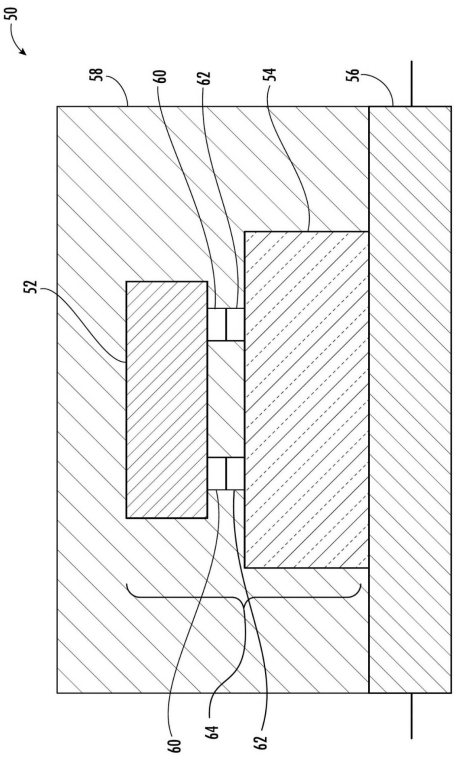
（特許庁注：以下のものは登録商標）
１．ＢＬＵＥＴＯＯＴＨ

(71)出願人　517090646
コーボ ユーエス，インコーポレイティド
アメリカ合衆国，ノース カロライナ ２７４０９，グリーンズボロ，ソーンダイク ロード ７６２８
(74)代理人　100118902
弁理士　山本 修
(74)代理人　100106208
弁理士　宮前 徹
(74)代理人　100196508
弁理士　松尾 淳一
(72)発明者　ジェフリー・ガリポー
アメリカ合衆国フロリダ州３２７０３，アポップカ，オレンジ・ブロッサム・トレイル １８１８

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　一体型受動デバイス上に積み重ねられたバルク音響波共振器

(57)【要約】　（修正有）
【課題】一体ＢＡＷ共振器及びＢＡＷベースフィルタの性能を改善し、かつ、それらに関連するコスト及びサイズを減少させるバルク音響波（ＢＡＷ）アシストフィルタ構造及びその製造方法を提供する。
【解決手段】ＢＡＷアシストフィルタ構造５０は、ＢＡＷフィルタ構造５２と、一体型受動デバイス（ＩＰＤ）５４と、ベース５６と、を有する。ＩＰＤ５４は、電極と、圧電層と、を有するＢＡＷ共振器に電気的に結合され、高周波動作を提供する。ＢＡＷアシストフィルタ構造は、ＩＰＤ上に積み重ねられたＢＡＷ共振器に電気的に近接しており、低い挿入損失を有し、電気的長さの寄生損失を軽減する。ＢＡＷアシストフィルタ構造は、高周波のフィルタリング性能を改善する。
【選択図】図７



【特許請求の範囲】
【請求項１】
バルク音響波（ＢＡＷ）アシストフィルタ構造であって、
電気回路を含む少なくとも１つの一体型受動デバイス（ＩＰＤ）と、
前記ＩＰＤ上の少なくとも１つのＢＡＷ共振器と、を備え、
基板と、
前記基板上の少なくとも１つのトランスデューサであって、前記少なくとも１つのトランスデューサが、
第１の電極と、
第２の電極と、
前記第１の電極と前記第２の電極との間の圧電層と、を備える、少なくとも１つのトランスデューサと、を備え、前記少なくとも１つのＩＰＤの前記電気回路が、前記ＢＡＷ共振器に電気的に結合されている、バルク音響波（ＢＡＷ）アシストフィルタ構造。
【請求項２】
前記少なくとも１つのＩＰＤが、ガラスＩＰＤを備える、請求項１に記載のＢＡＷアシストフィルタ構造。
【請求項３】
前記少なくとも１つのＩＰＤが、楕円フィルタを備える、請求項１に記載のＢＡＷアシストフィルタ構造。
【請求項４】
前記少なくとも１つのＩＰＤが、高域通過フィルタまたは低域通過フィルタのうちの少なくとも一方を備える、請求項１に記載のＢＡＷアシストフィルタ構造。
【請求項５】
前記ＩＰＤが、直列コンデンサを備える、請求項１に記載のＢＡＷアシストフィルタ構造。
【請求項６】
前記ＩＰＤが、並列ＬＣタンク回路を備える、請求項１に記載のＢＡＷアシストフィルタ構造。
【請求項７】
前記ＩＰＤが、直列コンデンサと、並列ＬＣタンク回路と、を備える、請求項１に記載のＢＡＷアシストフィルタ構造。
【請求項８】
前記ＩＰＤが、前記少なくとも１つのＢＡＷ共振器に電気的に結合するための導電性ランディングパッドを備える、請求項１に記載のＢＡＷアシストフィルタ構造。
【請求項９】
前記少なくとも１つのＢＡＷ共振器が、前記ＩＰＤに電気的に結合するためのピラーを備える、請求項１に記載のＢＡＷアシストフィルタ構造。
【請求項１０】
前記ＩＰＤが、導電性ランディングパッドを備え、
前記少なくとも１つのＢＡＷ共振器が、前記ＩＰＤの前記導電性ランディングパッドと整合され、かつ電気的に結合されたピラーを備える、
請求項１に記載のＢＡＷアシストフィルタ構造。
【請求項１１】
前記ＩＰＤが、ＲＦ信号入力を受信するように構成されており、前記少なくとも１つのＢＡＷ共振器が、前記ＲＦ信号入力から下流の２つ以上の接合部で前記ＩＰＤに電気的に結合されている、請求項１に記載のＢＡＷアシストフィルタ構造。
【請求項１２】
バルク音響波（ＢＡＷ）アシストフィルタ構造を製造する方法であって、
少なくとも１つの一体型受動デバイス（ＩＰＤ）上に、少なくとも１つのＢＡＷ共振器を積み重ねることであって、前記ＢＡＷ共振器が、基板と、前記基板上の少なくとも１つ

のトランスデューサであって、前記少なくとも１つのトランスデューサが、第１の電極、第２の電極、および前記第１の電極と前記第２の電極との間の圧電層、を備える、少なくとも１つのトランスデューサと、を備える、積み重ねることと、
前記少なくとも１つのＢＡＷ共振器を前記少なくとも１つのＩＰＤの電気回路に電気的に結合させることと、
を含む、方法。
【請求項１３】
前記少なくとも１つのＩＰＤが、ガラスＩＰＤを備える、請求項１２に記載の方法。
【請求項１４】
前記ＩＰＤが、直列コンデンサを備える、請求項１２に記載の方法。
【請求項１５】
前記ＩＰＤが、並列ＬＣタンク回路を備える、請求項１２に記載の方法。
【請求項１６】
前記ＩＰＤが、直列コンデンサと、並列ＬＣタンク回路と、を備える、請求項１２に記載の方法。
【請求項１７】
前記ＩＰＤが、前記少なくとも１つのＢＡＷ共振器に電気的に結合するための導電性ランディングパッドを備える、請求項１２に記載の方法。
【請求項１８】
前記少なくとも１つのＢＡＷ共振器が、前記ＩＰＤに電気的に結合するためのピラーを備える、請求項１２に記載の方法。
【請求項１９】
前記ＩＰＤが、導電性ランディングパッドを備え、
前記少なくとも１つのＢＡＷ共振器が、前記ＩＰＤの前記導電性ランディングパッドと整合され、かつ電気的に結合されたピラーを備える、
請求項１２に記載の方法。
【請求項２０】
前記ＩＰＤが、ＲＦ信号入力を受信するように構成されており、前記少なくとも１つのＢＡＷ共振器が、前記ＲＦ信号入力から下流の２つ以上の接合部で前記ＩＰＤに電気的に結合されている、請求項１２に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、高周波処理のために一体型受動デバイス上に積み重ねられた少なくとも１つのＢＡＷ共振器を有するバルク音響波（ＢＡＷ）アシストフィルタ構造に関する。
【背景技術】
【０００２】
音響共振器、および特にバルク音響波（ＢＡＷ）共振器は、多くの高周波通信用途において使用される。特に、ＢＡＷ共振器は、フィルタ回路網で採用されることが多く、そのフィルタ回路網は、１．５ＧＨｚを超える周波数で動作し、平坦な通過帯域を必要とし、通過帯域の上端および下端に非常に急峻なフィルタ裾部および矩形の肩部を有し、かつ通過帯域の外側に優れた阻止帯を提供する。ＢＡＷベースフィルタはまた、比較的低い挿入損失を有し、動作周波数が増加するにつれてサイズも減少する傾向があり、また広い温度範囲にわたって比較的安定している。したがって、ＢＡＷベースフィルタは、多くの第３世代（３Ｇ）、第４世代（４Ｇ）、および第５世代（５Ｇ）の無線デバイスに対して選択されるフィルタである。これらの無線デバイスのほとんどは、同じ無線デバイス上で、携帯電話、ワイヤレスフィディリティ（Ｗｉ－Ｆｉ）、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ、および／または近距離通信をサポートし、したがって、非常に困難なフィルタリング要求を突きつける。これらの要求により、無線デバイスの複雑さが上昇し続ける一方で、ＢＡＷ共振器およびＢＡＷベースフィルタの性能を改善し、かつそれらに関連するコストおよびサイズを減

少させる必要性が常に存在する。
【０００３】
現在、ＢＡＷベースフィルタは、約６ＧＨｚを超える信号をフィルタリングすることが困難である。特に、典型的には、周波数が増加するにつれて、損失も同様に増加する。ＢＡＷベースフィルタを用いて高周波でフィルタリングするには、課題が残る。
【発明の概要】
【０００４】
本開示の実施形態は、一体型受動デバイス（ＩＰＤ）上に積み重ねられたＢＡＷ共振器を有するバルク音響波（ＢＡＷ）アシストフィルタ構造を対象とする。本明細書に開示される例示的な態様では、ＢＡＷフィルタ構造は、電極、およびそれらの電極間の圧電層を有するトランスデューサを含む。ＩＰＤは、ＢＡＷ共振器に電気的に結合され、高周波動作を備える。このような構成では、ＢＡＷアシストフィルタ構造は、ＩＰＤ上に積み重ねられたＢＡＷ共振器に電気的に近接しているため、低い挿入損失を有し、かつ電気的長さの寄生損失を軽減する。さらに、ＢＡＷアシストフィルタ構造は、高周波をフィルタリングすることができ、フィルタ性能を改善し、フィルタ伝達関数の設計においてより大きな柔軟性を提供する。
【０００５】
本開示の一実施形態は、積層体を含むバルク音響波（ＢＡＷ）アシストフィルタ構造に関する。このＢＡＷアシストフィルタ構造は、その積層体上に、少なくとも１つの一体型受動デバイス（ＩＰＤ）をさらに含む。その少なくとも１つのＩＰＤは、電気回路を含む。このＢＡＷアシストフィルタ構造は、基板を含む、ＩＰＤ上に少なくとも１つのＢＡＷ共振器をさらに含む。この少なくとも１つのＢＡＷ共振器は、基板上に少なくとも１つのトランスデューサをさらに含む。この少なくとも１つのトランスデューサは、第１の電極、第２の電極、および第１の電極と第２の電極との間の圧電層を含む。この少なくとも１つのＩＰＤの電気回路は、ＢＡＷ共振器に電気的に結合される。
【０００６】
本開示の別の実施形態は、積層体上に少なくとも１つの一体型受動デバイス（ＩＰＤ）を位置決めすることを含む、バルク音響波（ＢＡＷ）アシストフィルタ構造を製造する方法に関する。この方法は、少なくとも１つのＩＰＤ上に少なくとも１つのＢＡＷ共振器を積み重ねることをさらに含み、そのＢＡＷ共振器は、基板と、その基板上の少なくとも１つのトランスデューサと、を備える。この少なくとも１つのトランスデューサは、第１の電極、第２の電極、および第１の電極と第２の電極との間の圧電層を含む。この方法は、少なくとも１つのＢＡＷ共振器を少なくとも１つのＩＰＤの電気回路に電気的に結合することをさらに含む。
【０００７】
当業者は、添付図面の図と関連して、好ましい実施形態の以下の詳細な説明を読んだ後に、本開示の範囲を理解し、その追加の態様を認識するであろう。
【０００８】
この明細書の一部に組み込まれ、かつそれを形成する添付図面の図は、本開示のいくつかの態様を例示し、その説明とともに、本開示の原理を説明する役割を果たす。
【図面の簡単な説明】
【０００９】
【図１】従来のバルク音響波（ＢＡＷ）共振器を例示する。
【図２】理想的なＢＡＷ共振器の周波数の関数としての、周波数応答にわたるインピーダンスの大きさおよび位相のグラフである。
【図３Ａ】各種のＢＡＷ共振器構成の位相応答のグラフである。
【図３Ｂ】各種のＢＡＷ共振器構成の位相応答のグラフである。
【図３Ｃ】各種のＢＡＷ共振器構成の位相応答のグラフである。
【図４】境界リングを有する従来のＢＡＷ共振器を例示する。
【図５Ａ】従来のはしご形回路網の概略図である。

【図５ＢＣ】図５Ａの従来のはしご形回路網におけるＢＡＷ共振器の周波数応答、および図５Ａの従来のはしご形回路網についての周波数応答のグラフである。
【図６ＡＢＣＤＥ】図５Ｃで特定されている周波数ポイント１、２、３、４、および５における、図５Ａのはしご形回路網の等価回路である。
【図７】一体型受動デバイス（ＩＰＤ）上に積み重ねられたＢＡＷ共振器を有するＢＡＷアシストフィルタ構造の断面側面図である。
【図８】図７のＢＡＷアシストフィルタ構造の例示的な実施形態の斜視図である。
【図９】図７および８のＢＡＷアシストフィルタ構造のＢＡＷ共振器とＩＰＤとの間の電気フィルタ回路の分岐を例示する回路図である。
【図１０】ＩＰＤを有さないＢＡＷフィルタ構造と比較した、図７～９のＢＡＷアシストフィルタ構造の性能改善を例示するグラフである。
【図１１】図７～１０のＢＡＷアシストフィルタ構造を製造するためのステップのフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００１０】
以下に記載される実施形態は、当業者がその実施形態を実践するのを可能にするための必要な情報を表し、その実施形態を実践する最良のモードを例示する。添付図面の図に照らして以下の説明を読むと、当業者は、本開示の概念を理解し、本明細書に具体的には扱われないこれらの概念の用途を認識するであろう。これらの概念および用途は、本開示の範囲内、および添付の特許請求の範囲内に含まれることを理解されたい。
【００１１】
第１、第２などの用語は、様々な要素を説明するために本明細書で使用される場合があるが、これらの要素は、これらの用語によって限定されるべきではないことを理解されたい。これらの用語は、ある要素を別の要素と区別するためにのみ使用される。例えば、第１の要素が、第２の要素と称される場合があり、同様に、第２の要素が、本開示の範囲から逸脱することなく、第１の要素と称される場合がある。本明細書で使用される場合、「および／または」という用語は、関連する列挙された項目のうちの１つ以上のいずれかおよびすべての組み合わせを含む。
【００１２】
また、ある要素が別の要素に「接続されている」または「結合されている」ものと称される場合、その要素は、他の要素に直接接続もしくは結合されている可能性があり、または間に介在する要素が存在する可能性があることも理解されたい。対照的に、ある要素が別の要素に「直接接続されている」または「直接結合されている」ものと称される場合、間に介在する要素は存在しない。
【００１３】
様々な要素を説明するために、本明細書では、「上部」、「下部」、「底部」、「中間」、「中央」、「頂部」などの用語が使用される場合があるが、これらの要素は、これらの用語によって限定されるべきではないことを理解されたい。これらの用語は、ある要素を別の要素と区別するためにのみ使用される。例えば、第１の要素が、本開示の範囲から逸脱することなく、「上部」要素と称される場合があり、同様に、第２の要素が、これらの要素の相対的な配向に応じて、「上部」要素と称される場合がある。
【００１４】
本明細書で使用される専門用語は、単に特定の実施形態を説明する目的のためであり、本開示を限定することを意図されない。本明細書で使用される場合、単数形「ａ」、「ａｎ」、および「ｔｈｅ」は、その文脈が特段明示的に他の場合を示さない限り、複数形もまた含まれることを意図される。本明細書で使用される場合、「備える」、「備える」、「含む」、および／または「含む」という用語は、記述された特徴、整数、ステップ、動作、要素、および／または構成要素の存在を指定するが、１つ以上の他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、構成要素、および／またはそれらのグループの存在もしくは追加を排除しないことをさらに理解されるであろう。

【００１５】
特段他の場合が定義されない限り、本明細書で使用されるすべての用語（技術用語および科学用語を含む）は、この開示が属する当業者によって共通に理解されているものと同じ意味を有する。本明細書で使用される用語は、この明細書および関連技術の文脈でそれらの意味と矛盾しない意味を有するものとして解釈されるべきであり、本明細書に明示的にそのように定義されない限り、理想化されたまたは過度に形式化された意味で解釈されないことをさらに理解されるであろう。
【００１６】
本開示の実施形態は、一体型受動デバイス（ＩＰＤ）上に積み重ねられたＢＡＷ共振器を有するバルク音響波（ＢＡＷ）アシストフィルタ構造を対象とする。本明細書に開示される例示的な態様では、ＢＡＷフィルタ構造は、電極、およびそれらの電極間の圧電層を有するトランスデューサを含む。ＩＰＤは、ＢＡＷ共振器に電気的に結合され、高周波動作を提供する。このような構成では、ＢＡＷアシストフィルタ構造は、ＩＰＤ上に積み重ねられたＢＡＷ共振器に電気的に近接しているため、低い挿入損失を有し、かつ電気的長さの寄生損失を軽減する。さらに、ＢＡＷアシストフィルタ構造は、高周波をフィルタリングすることができ、フィルタ性能を改善し、フィルタ伝達関数の設計においてより大きな柔軟性を提供する。
【００１７】
これらの概念の詳細を掘り下げる前に、ＢＡＷ共振器、およびＢＡＷ共振器を使用するフィルタの概要が提供される。ＢＡＷ共振器は、多くの高周波フィルタ用途で使用されている。例示的なＢＡＷ共振器１０が、図１に示される。このＢＡＷ共振器１０は、固定搭載共振器（ＳＭＲ）型のＢＡＷ共振器１０であり、一般に、基板１２、その基板１２上に取り付けられた反射器１４、およびその反射器１４上に取り付けられたトランスデューサ１６を含む。このトランスデューサ１６は、反射器１４上に載っており、頂部電極２０と底部電極２２との間に挟まれている圧電層１８を含む。頂部電極２０および底部電極２２は、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）、白金（Ｐｔ）、または同様の材料で形成することができ、圧電層１８は、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）、酸化亜鉛（ＺｎＯ）または他の適切な圧電材料で形成することができる。図１には、単一層を含むものとして示されているが、圧電層１８、頂部電極２０、および／または底部電極２２は、同じ材料の複数の層、少なくとも２つの層が異なる層である複数の層、または各層が異なる材料である複数の層を含み得る。
【００１８】
ＢＡＷ共振器１０は、活性領域２４および外側領域２６に分割される。この活性領域２４は、通常、頂部電極２０および底部電極２２が重なり合うＢＡＷ共振器１０のセクションに対応し、また、重なり合う頂部電極２０および底部電極２２の下方にも層を含む。外側領域２６は、活性領域２４を取り囲むＢＡＷ共振器１０のセクションに対応する。
【００１９】
ＢＡＷ共振器１０について、頂部電極２０および底部電極２２の両端に電気信号を印可することにより、圧電層１８内に音響波が励起される。これらの音響波は、主に垂直方向に伝播する。ＢＡＷ共振器設計における主な目標は、これらの垂直に伝播する音響波をトランスデューサ１６内に制限することである。上向きに進行する音響波は、頂部電極２０の上面における空気－金属境界によってトランスデューサ１６内に反射して戻される。下向きに進行する音響波は、反射器１４によって、または薄膜ＢＡＷ共振器（ＦＢＡＲ）内のトランスデューサの直下に設けられている空気空洞によって、トランスデューサ１６内に反射して戻される。
【００２０】
反射器１４は、典型的には、隣接する反射器層２８の接合部において著しい反射係数を生成するように材料組成物で交互になっている、反射器層（ＲＬ）２８Ａ～２８Ｅ（一般に、反射器層２８と称される）の積み重ねによって形成されている。典型的には、反射器層２８Ａ～２８Ｅは、タングステン（Ｗ）および二酸化ケイ素（ＳｉＯ２）などの高い音

響インピーダンスを有する材料と、低い音響インピーダンスを有する材料との間で交互になっている。図１には５つの反射器層２８Ａ～２８Ｅのみが示されているが、反射器層２８の数、および反射器１４の構造は、設計によって異なることになる。

【００２１】

比較的理想的なＢＡＷ共振器１０について、周波数（ＧＨｚ）の関数としての、電気インピーダンスの大きさ（Ｚ）および位相（φ）が、図２に提供されている。電気インピーダンスの大きさ（Ｚ）は、実線で示され、一方、電気インピーダンスの位相（φ）は、破線で示されている。ＢＡＷ共振器１０の固有の特徴は、それが共振周波数および反共振周波数の両方を有することである。共振周波数は、典型的には、直列共振周波数（ｆｓ）と称され、反共振周波数は、典型的には、並列共振周波数（ｆｐ）と称される。この直列共振周波数（ｆｓ）は、ＢＡＷ共振器１０のインピーダンスまたはリアクタンスの大きさがゼロに近づくときに生じる。この並列共振周波数（ｆｐ）は、ＢＡＷ共振器１０のインピーダンスまたはリアクタンスの大きさが著しく高いレベルでピークに達するときに生じる。一般に、直列共振周波数（ｆｓ）は、圧電層１８の厚さ、ならびに底部電極２２および頂部電極２０の質量の関数である。

【００２２】

位相について、ＢＡＷ共振器１０は、直列共振周波数（ｆｓ）と並列共振周波数（ｆｐ）との間に、９０°の位相シフトを与えるインダクタンスのようにふるまう。対照的に、ＢＡＷ共振器１０は、直列共振周波数（ｆｓ）の下方、および並列共振周波数（ｆｐ）の上方に、－９０°の位相シフトを与える静電容量のようにふるまう。ＢＡＷ共振器１０は、直列共振周波数（ｆｓ）では非常に低くてほぼゼロの抵抗を、また並列共振周波数（ｆｐ）では非常に高い抵抗を提示する。ＢＡＷ共振器１０の電気的性質は、それ自体、比較的短い範囲の周波数にわたって非常に高い品質係数（Ｑ）インダクタンスの実現に適しており、これは、高周波フィルタ回路網、特に１．８ＧＨｚ付近およびそれ以上の周波数でのそれらの動作において、非常に有益であることが証明されている。

【００２３】

残念なことに、図２の位相（φ）曲線は、理想的な位相曲線を表している。現実には、この理想に近づくことは、困難である。図１のＢＡＷ共振器１０についての典型的な位相曲線が、図３Ａに例示されている。図３Ａの位相曲線は、平滑曲線ではなく、直列共振周波数（ｆｓ）の下方、直列共振周波数（ｆｓ）と並列共振周波数（ｆｐ）との間、および並列共振周波数（ｆｐ）の上方に、リップルを含む。このリップルは、対応する周波数で生じるスプリアス共振によって引き起こされるスプリアスモードの結果である。ＢＡＷ共振器１０内の音響波の大部分は、垂直方向に伝播するが、トランスデューサ１６の周りの様々な境界条件により、横方向（水平方向）の音響波の伝播がもたらされ、これは、横方向定在波と称される。これらの横方向定在波の存在により、ＢＡＷ共振器１０に関連する潜在的な品質係数（Ｑ）が低減する。

【００２４】

図４に例示されているように、境界（ＢＯ）リング３０が、頂部電極２０の上または内部に形成されて、ある特定のスプリアスモードを抑制する。ＢＯリング３０によって抑制されるスプリアスモードは、図３Ｂの位相曲線における円ＡおよびＢによって強調表示されているように、直列共振周波数（ｆｓ）の上方のものである。円Ａは、リップル、すなわち、直列共振周波数（ｆｓ）と並列共振周波数（ｆｐ）との間に存在する、位相曲線の通過帯域内のスプリアスモードの抑制を示す。円Ｂは、リップル、すなわち、並列共振周波数（ｆｐ）の上方のスプリアスモードの抑制を示す。とりわけ、直列共振周波数（ｆｓ）と並列共振周波数（ｆｐ）との間、および並列共振周波数（ｆｐ）の上方における、平滑なまたは実質的にリップルのない位相曲線によって立証されているように、並列共振周波数（ｆｐ）のちょうど下方にある、通過帯域の上部肩にあるスプリアスモード、および通過帯域の上方にあるスプリアスモードは、抑制されている。

【００２５】

ＢＯリング３０は、活性領域２４の周辺部の周りに延在する頂部電極２０の部分の質量

負荷に対応する。ＢＯリング３０は、頂部電極２０の厚くした部分、または頂部電極２０上への適切な材料の追加の層を適用することに対応し得る。ＢＯリング３０を含み、その下方に存在するＢＡＷ共振器１０の部分は、ＢＯ領域３２と称される。したがって、ＢＯ領域３２は、活性領域２４の外側の外周部分に対応し、活性領域２４の内側に存在する。

【００２６】

ＢＯリング３０は、直列共振周波数（ｆｓ）の上方のスプリアスモードを抑制するのに有効であるが、図３Ｂに示すように、ＢＯリング３０は、直列共振周波数（ｆｓ）の下方のそれらのスプリアスモードに、ほとんどまたは全く影響を与えない。アポダイゼーションと称される技術を使用して、直列共振周波数（ｆｓ）を下回るスプリアスモードを抑制することが多い。

【００２７】

アポダイゼーションは、ＢＡＷ共振器１０内、または少なくともそのＢＡＷ共振器のトランスデューサ１６内における、任意の横方向の対称性を回避するか、または少なくとも大幅に低減するように働く。この横方向の対称性は、トランスデューサ１６の設置場所に対応し、横方向の対称性を回避することは、設置場所の側面に関連付けられた対称性を回避することに対応する。例えば、正方形または長方形ではなく、五角形に対応する設置場所を選択してもよい。対称性を回避することは、トランスデューサ１６内の横方向定在波の存在を低減するのに役立つ。図３Ｃの円Ｃは、直列共振周波数（ｆｓ）の下方のスプリアスモードが抑制されているアポダイゼーションの効果を示している。ＢＯリング３０が設けられていないと仮定すると、アポダイゼーションが直列共振周波数（ｆｓ）を超えるそれらのスプリアスモードを抑制することに失敗することは、図３Ｃで容易に理解することができる。したがって、典型的なＢＡＷ共振器１０は、アポダイゼーションおよびＢＯリング３０の両方を採用する。

【００２８】

上述したように、ＢＡＷ共振器１０は、高周波で動作し、かつ高Ｑ値を必要とするフィルタ回路網において使用されることが多い。基本的なはしご形回路網４０が、図５Ａに例示されている。このはしご形回路網４０は、２つの直列共振器B_{SER}および２つの並列共振器B_{SH}を含み、それらは、従来のはしご形構成で整列されている。典型的には、図５Ｂに示すように、直列共振器B_{SER}は、同じまたは同様の第１の周波数応答を有し、並列共振器B_{SH}は、同じまたは同様の第２の周波数応答を有し、この第２の周波数応答は、第１の周波数応答とは異なる。多くの用途では、並列共振器B_{SH}は、直列共振器B_{SER}の離調版である。その結果、直列共振器B_{SER}および並列共振器B_{SH}の周波数応答は、一般に、非常に類似しているが、互いに対してなおもずれており、このため、並列共振器の並列共振周波数（$f_{P,SH}$）は、直列共振器B_{SER}の直列共振周波数（$f_{S,SER}$）に近似する。並列共振器B_{SH}の直列共振周波数（$f_{S,SH}$）は、直列共振器B_{SER}の直列共振周波数（$f_{S,SER}$）よりも小さいことに留意されたい。並列共振器B_{SH}の並列共振周波数（$f_{P,SH}$）は、直列共振器B_{SER}の並列共振周波数（$f_{P,SER}$）よりも小さい。

【００２９】

図５Ｃは、図５Ｂに関連しており、はしご形回路網４０の応答を例示する。並列共振器B_{SH}の直列共振周波数（$f_{S,SH}$）は、通過帯域の裾部の低い側に対応し（位相２）、直列共振器B_{SER}の並列共振周波数（$f_{P,SER}$）は、通過帯域の裾部の高い側に対応する（位相４）。直列共振器B_{SER}の実質的に整合された直列共振周波数（$f_{S,SER}$）、および並列共振器B_{SH}の並列共振周波数（$f_{P,SH}$）は、通過帯域内に入っている。

【００３０】

図６Ａ～６Ｅは、はしご形回路網４０の応答の５つの位相の等価回路を提供する。第１の位相（位相１、図５Ｃ、６Ａ）の間、はしご形回路網４０は、入力信号を減衰させるように機能する。並列共振器B_{SH}の直列共振周波数（$f_{S,SH}$）に近づくにつれ、並列共振器B_{SH}のインピーダンスは、急激に落ち、その結果、並列共振器B_{SH}は、並列共

振器（位相２、図５Ｃ、６Ｂ）の直列共振周波数（ｆＳ，ＳＨ）において、実質的に接地への短絡を与える。並列共振器ＢＳＨの直列共振周波数（ｆＳ，ＳＨ）において（位相２）、入力信号は、はしご形回路網４０の出力から実質的に阻止される。

【００３１】

並列共振器ＢＳＨの直列共振周波数（ｆＳ，ＳＨ）と、直列共振器ＢＳＥＲの並列共振周波数（ｆＰ，ＳＥＲ）との間は、通過帯域に対応し、そこでは、入力信号は、減衰が比較的ほとんどなく、または全くない状態で出力まで通過する（位相３、図５Ｃ、６Ｃ）。通過帯域内において、直列共振器ＢＳＥＲは、比較的低いインピーダンスを提示し、これに対して、並列共振器ＢＳＨは、比較的高いインピーダンスを提示しており、平坦な通過帯域への２つのリードの組み合わせにより、急峻な低い側の裾部、および高い側の裾部が得られた。直列共振器ＢＳＥＲの並列共振周波数（ｆＰ，ＳＥＲ）に近づくにつれ、直列共振器ＢＳＥＲのインピーダンスは、非常に高くなり、その結果、直列共振器ＢＳＥＲは、それ自体、直列共振器の並列共振周波数（ｆＰ，ＳＥＲ）における開口部として、実質的に提示する（位相４、図５Ｃ、６Ｄ）。直列共振器ＢＳＥＲの並列共振周波数（ｆＰ，ＳＥＲ）において（位相４）、入力信号は、再度、はしご形回路網４０の出力から実質的に阻止される。最後の位相の間（位相５、図５Ｃ、６Ｅ）、はしご形回路網４０は、位相１で提供されたものと同様の方法で、入力信号を減衰させるように機能する。直列共振器ＢＳＥＲの並列共振周波数（ｆＰ，ＳＥＲ）を通過すると、直列共振器ＢＳＥＲのインピーダンスは減少し、並列共振器ＢＳＨのインピーダンスは正常化する。したがって、はしご形回路網４０は、並列共振器ＢＳＨの直列共振周波数（ｆＳ，ＳＨ）と、直列共振器ＢＳＥＲの並列共振周波数（ｆＰ，ＳＥＲ）との間に、高Ｑ通過帯域を設けるように機能する。はしご形回路網４０は、並列共振器ＢＳＨの直列共振周波数（ｆＳ，ＳＨ）、および直列共振器の並列共振周波数（ｆＰ，ＳＥＲ）の両方で極めて高い減衰を提供する。はしご形回路網４０は、並列共振器ＢＳＨの直列共振周波数（ｆＳ，ＳＨ）の下方、および直列共振器ＢＳＥＲの並列共振周波数（ｆＰ，ＳＥＲ）の上方で良好な減衰を提供する。

【００３２】

ＢＡＷ共振器、およびＢＡＷ共振器を使用するフィルタの概要を提供したので、図７Ａ～１１は、ＢＡＷアシストフィルタ構造の詳細について考察する。

【００３３】

図７は、一体型受動デバイス（ＩＰＤ）５４上に積み重ねられたＢＡＷフィルタ構造５２（ＢＡＷダイとも称され得る）を有するＢＡＷアシストフィルタ構造５０の断面側面図である。このＢＡＷフィルタ構造５２は、１つ以上のＢＡＷ共振器１０（図１を参照）を含む。特に、ＢＡＷアシストフィルタ構造５０は、ベース５６、ベース層５６上のＩＰＤ５４、およびＩＰＤ５４上のＢＡＷ共振器５２を含む。ある特定の実施形態では、ベース５６は、積層体（例えば、高周波（ＲＦ）積層体）またはプリント回路基板（ＰＣＢ）を含む。さらに、ある特定の実施形態では、ＢＡＷアシストフィルタ構造は、ＢＡＷフィルタ構造５２、ＩＰＤ５４、および／またはベース５６のうちの少なくとも一部分を覆うカバー５８（例えば、プラスチックカバー）を含む。

【００３４】

上述したように、ＢＡＷフィルタ構造５２の各ＢＡＷ共振器１０は、基板１２、およびその基板１２上のトランスデューサ１６を含む。トランスデューサ１６は、頂部電極２０、底部電極２２、および頂部電極２０と底部電極２２との間の圧電層１８を含む。ＢＡＷフィルタ構造５２のＢＡＷ共振器１０は、共通基板１２、頂部電極２０、底部電極２２、および／または圧電層１８を共有することができる。さらに、ＢＡＷフィルタ構造５２は、ＩＰＤ５４に電気的に結合するための導電性ピラー６０を含む。ある特定の実施形態では、ＢＡＷフィルタ構造５２は、ＢＡＷ固定搭載共振器（ＳＭＲ）を含む。ある特定の実施形態では、ＢＡＷフィルタ構造５２は、複数のＢＡＷ共振器１０（例えば、ＢＡＷ－ＳＭＲ共振器）を有するシリコンキャリアウェーハを含むダイ上に作製され、この場合、ダイは、導電性ピラー６０（例えば、銅ピラー）をさらに含む。

【００３５】

ＩＰＤ５４は、ＢＡＷフィルタ構造５２に電気的に結合された電気回路を含む。ある特定の実施形態では、ＩＰＤ５４は、ＢＡＷフィルタ構造５２に電気的に結合するように構成された導電性ランディングパッド６２（導電性ビアとも称され得る）を含む。特に、ＩＰＤ５４のこの導電性ランディングパッド６２（例えば、銅ランディングパッド）は、ＢＡＷフィルタ構造５２の導電性ピラー６０と整合され、かつそれに接触する（例えば、はんだ接合される）。ある特定の実施形態では、ＩＰＤ５４は、ガラスＩＰＤを含むが、他の高Ｑ材料を使用してもよい。ある特定の実施形態では、ＩＰＤ５４は、光画成されたダイ、およびエッチング可能なガラスの上に作製された、ＬＣ素子（インダクタおよびコンデンサ素子）を含む。

【００３６】

ある特定の実施形態では、ＢＡＷフィルタ構造５２は、ＩＰＤ５４上に反転されて、積み重ねられたダイ６４を形成する。ＢＡＷフィルタ構造５２（例えば、そのＢＡＷ共振器１０）および／またはＩＰＤ５４の内部電気ノードは、容易にアクセス可能であり、フィルタトポロジーの柔軟性を可能にする。次いで、積み重ねられたダイ６４は、積層体（例えば、高周波（ＲＦ）積層体）またはプリント回路基板（ＰＣＢ）などのベース層５６にはんだ付けすることができる（はんだ接合とも称され得る）。

【００３７】

ＢＡＷフィルタ構造５２およびＩＰＤ５４の積み重ねられたダイ６４は、ＢＡＷ共振器１０自体が処理することができるものよりも高い周波数（例えば、６ＧＨｚ超）を処理することができる。特に、ＩＰＤ５４上にＢＡＷフィルタ構造５２を積み重ねることにより、ＢＡＷフィルタ構造５２からＩＰＤ５４までの伝送路を低減し、これは、Ｑを増加させる。したがって、ＢＡＷアシストフィルタ構造５０は、高いＱで高周波をフィルタリングすることができる。ある特定の実施形態では、積み重ねられたダイ６４（例えば、ＢＡＷフィルタ構造５２および／またはＩＰＤ５４）は、楕円フィルタを含む。楕円フィルタは、通過帯域および阻止帯域の両方で等化されたリップル挙動を有する信号処理フィルタである。各帯域でのリップルの量は、独立して調整可能である。ある特定の実施形態では、ＩＰＤ５４は、高域通過フィルタまたは低域通過フィルタ（例えば、高域通過楕円フィルタ、低域通過楕円フィルタなど）を含む通過帯域フィルタである。

【００３８】

図８は、図７のＢＡＷアシストフィルタ構造の例示的な実施形態の斜視図である。特に、上で考察したように、ＢＡＷフィルタ構造５２が、ＩＰＤ５４上に積み重ねられて、積み重ねられたダイ６４を形成する。上述したように、ＢＡＷフィルタ構造５２は、ＩＰＤ５４の導電性ランディングパッド６２（図７を参照）と整合され、かつ電気的に結合された導電性ピラー６０（図７を参照）を含む。ＩＰＤ５４は、ＲＦ信号入力６６を（例えば、入力平面導波路で）受信し、ＲＦ信号出力６８を（例えば、出力平面導波路で）送信するように構成されている。ＢＡＷフィルタ構造５２は、ＲＦ信号入力６６から下流（ＲＦ信号入力６６とＲＦ信号出力６８との間）の２つ以上の接合部７０（１）～７０（３）で、ＩＰＤ５４に電気的に結合されている。特に、ＢＡＷフィルタ構造５２は、接合部７０（１）～７０（３）の各々において、それぞれ電気的に結合されたＢＡＷ共振器１０（１）～１０（３）を含む。

【００３９】

ある特定の実施形態では、ＢＡＷフィルタ構造５２のＢＡＷ共振器１０（１）～１０（３）は、（インダクタおよびコンデンサを含む）並列ＬＣタンク回路７２（１）、７２（２）と電気通信する並列ＢＡＷ共振器１０（１）～１０（３）である。ＢＡＷ共振器１０（１）～１０（３）は各々、ＢＡＷ共振器分岐７４（１）～７４（３）をそれぞれ形成する。並列ＢＡＷ共振器１０（１）～１０（３）および／または並列ＬＣタンク回路７２（１）、７２（２）は、電流のための低抵抗経路を作成するように構成されている。

【００４０】

ＩＰＤは、ＢＡＷ共振器分岐７４（１）～７４（３）の各々の間に、直列コンデンサ７６（１）～７６（４）（例えば、高Ｑコンデンサ）を含む。直列コンデンサ７６（１）～

７６（４）は、ＲＦ入力６６とＲＦ出力６８との間のエネルギーを結合する。

【００４１】

ある特定の実施形態では、ＩＰＤ５４は、ＩＰＤ５４の上部からＩＰＤ５４の底部へのＲＦ信号の伝播を可能にするビア（例えば、ガラスビアを介して）を含む。さらに、このビアは、インダクタのために、熱を伝導し、かつ／または高いＱを提供する。

【００４２】

図９は、図７および８のＢＡＷアシストフィルタ構造５０のＢＡＷフィルタ構造５２とＩＰＤ５４との間の電気フィルタ回路の分岐を例示する回路図である。

【００４３】

上述したように、ＢＡＷフィルタ構造５２は、ＩＰＤ５４上に積み重ねられて、積み重ねられたダイ６４を形成する。ＩＰＤ５４は、ＲＦ信号入力６６を受信するように構成されており、ＢＡＷフィルタ構造５２は、ＲＦ信号入力６６から下流の３つの接合部７０（１）～７０（３）でＩＰＤ５４に電気的に結合されている。言い替えると、導電性ランディングパッド６２（図７を参照）のピラー６０（図７を参照）への結合は、接合部７０（１）～７０（３）の各々において存在する。さらに、ＢＡＷフィルタ構造５２のＢＡＷ共振器１０は、ＩＰＤ５４に設けられた並列ＬＣタンク回路７２（１）、７２（２）（インダクタおよびコンデンサを含む）と電気通信する並列ＢＡＷ共振器である。ＩＰＤ５４は、ＢＡＷ共振器分岐７４（１）～７４（３）の各々の間に直列コンデンサ７６（１）～７６（４）を含む。

【００４４】

結果として得られた信号経路は、第１の接合部７０（１）に伝播する入力ＲＦ信号６６を伴い、そこでは、第１の信号部分が、第１のＢＡＷ共振器分岐７４（１）を通って接地に伝播し、残りの主信号部分が、第１の直列コンデンサ７６（１）を伝播する。次いで、第２の信号部分が、第１の並列ＬＣタンク回路７２（１）を伝播し、残りの主信号部分が、第２の直列コンデンサ７６（２）を伝播する。次いで、第３の信号部分が、第２のＢＡＷ共振器分岐７４（２）を通って接地に伝播し、残りの主信号部分が、第３の直列コンデンサ７６（３）を伝播する。次いで、第４の信号部分が、第２の並列ＬＣタンク回路７２（２）を伝播し、残りの主信号部分が、第４の直列コンデンサ７６（４）を伝播する。次いで、第５の信号部分が、第３のＢＡＷ共振器分岐７４（３）を通って接地に伝播し、残りの主信号部分が、出力ＲＦ信号６８として伝播する。

【００４５】

その結果、ＢＡＷアシストフィルタ構造は、低い挿入損失を有する。特に、ガラスＩＰＤ５４の高Ｑインダクタおよびコンデンサ構造は、設計において活用することができ、積み重ねによって、フィルタ回路網の内部ノードに効率的に、かつ高ＱＢＡＷ共振器１０に電気的に近接して、分散することができる。ＢＡＷアシストフィルタ構造は、高周波動作を有する。特に、ガラスＩＰＤ５４および三次元インダクタ構造の高い自己共振（ＳＲＦ）特性は、より高い周波数フィルタ（例えば、６ＧＨｚを上回る）につながる設計トポロジーにおいて活用することができる。

【００４６】

ＢＡＷアシストフィルタ構造５０は、伝達関数の有用性を有する。特に、電気的長さの寄生軽減は、ダイの積み重ね、および短い相互接続長の効力によって達成された。ＲＦ接地およびＲＦ接地結合は、相互接続の電気的長さがフィルタＲＦ伝達関数に著しく影響を与える高周波領域では、支配的になってくる。

【００４７】

ＢＡＷアシストフィルタ構造５２は、ダイの積み重ねがフィルタ伝達関数の設計におけるより大きな柔軟性を可能にするため、柔軟なフィルタトポロジーを与える。ＢＡＷフィルタ構造は、高域通過および低域通過の疑似楕円フィルタトポロジー、およびより広い達成可能な帯域幅を可能にする。これは、ＢＡＷ共振器の他の帯域通過はしご形構造の帯域幅制限上での利点であり、この場合、固定されるインピーダンス特性は、並列および直列共振が音響結合係数（ｋ２ｅｆｆ）によって調整される音響共振器に固有である。

【００４８】
図１０は、ＩＰＤを有さないＢＡＷフィルタ構造と比較した、図７～９のＢＡＷアシストフィルタ構造の性能改善を例示するグラフである。特に、このグラフは、同様の順序のＬＣ高域通過フィルタ８０に対するＢＡＷフィルタ構造７８の広い帯域幅および高周波動作を示す伝達関数を示す。図に示されているように、ＢＡＷアシストフィルタ構造は、より広い帯域幅を有するより急峻な裾部を提供している。ある特定の実施形態では、ＢＡＷアシストフィルタ構造は、１５～２５％の部分的な帯域幅を有する。ある特定の実施形態では、部分的な帯域幅は、１８～２２％である。ある特定の実施形態では、部分的な帯域幅は、約２１％である。ＢＡＷアシストフィルタ構造は、低損失および急峻な遷移を提供する。

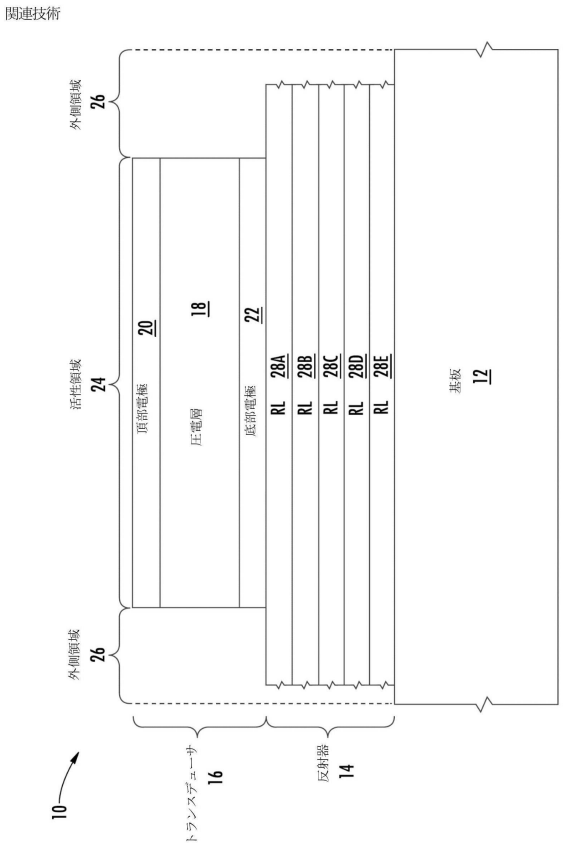
【００４９】
図１１は、図７～１０のＢＡＷアシストフィルタ構造を製造するためのステップのフローチャートである。ステップ１１００は、ＩＰＤ上に少なくとも１つのＢＡＷ共振器を積み重ねることを含む。ＢＡＷ共振器は、基板と、少なくとも１つのトランスデューサと、を含み、その少なくとも１つのトランスデューサは、第１の電極、第２の電極、およびその第１の電極とその第２の電極との間の圧電層を備える。ステップ１１０２は、その少なくとも１つのＢＡＷ共振器をＩＰＤに電気的に結合することを含む。

【００５０】
ある特定の実施形態では、少なくとも１つのＩＰＤは、ガラスＩＰＤを含む。ある特定の実施形態では、ＩＰＤは、直列コンデンサを含む。ある特定の実施形態では、ＩＰＤは、並列ＬＣタンク回路を含む。ある特定の実施形態では、ＩＰＤは、直列コンデンサおよび並列ＬＣタンク回路を含む。ある特定の実施形態では、ＩＰＤは、少なくとも１つのＢＡＷ共振器に電気的に結合するための導電性ランディングパッドを含む。ある特定の実施形態では、少なくとも１つのＢＡＷ共振器は、ＩＰＤに電気的に結合するためのピラーを備える。ある特定の実施形態では、ＩＰＤは、導電性ランディングパッドを備え、少なくとも１つのＢＡＷ共振器は、ＩＰＤの導電性ランディングパッドと整合され、かつ電気的に結合されたピラーを含む。ある特定の実施形態では、ＩＰＤは、ＲＦ信号入力を受信するように構成されており、少なくとも１つのＢＡＷ共振器は、ＲＦ信号入力から下流の２つ以上の接合部において、ＩＰＤに電気的に結合される。

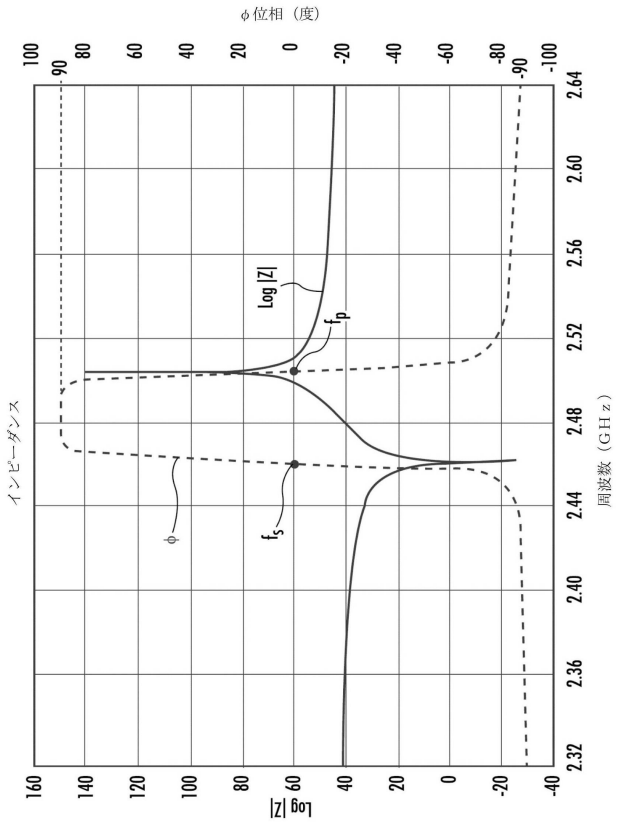
【００５１】
当業者であれば、本開示の好ましい実施形態に対する改善および修正を認識するであろう。このようなすべての改善および修正は、本明細書に開示された概念、および後続の特許請求の範囲の範囲内で考慮される。

【図面】

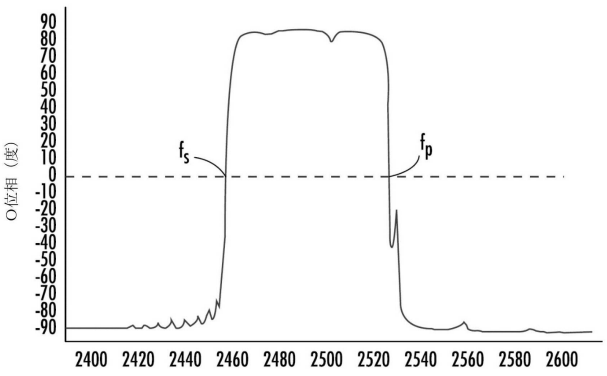
【図１】



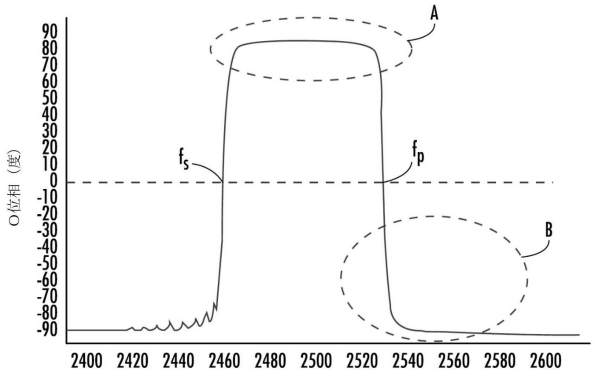
【図２】



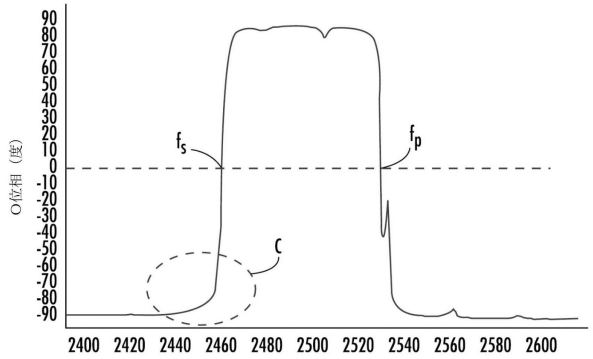
【図３Ａ】



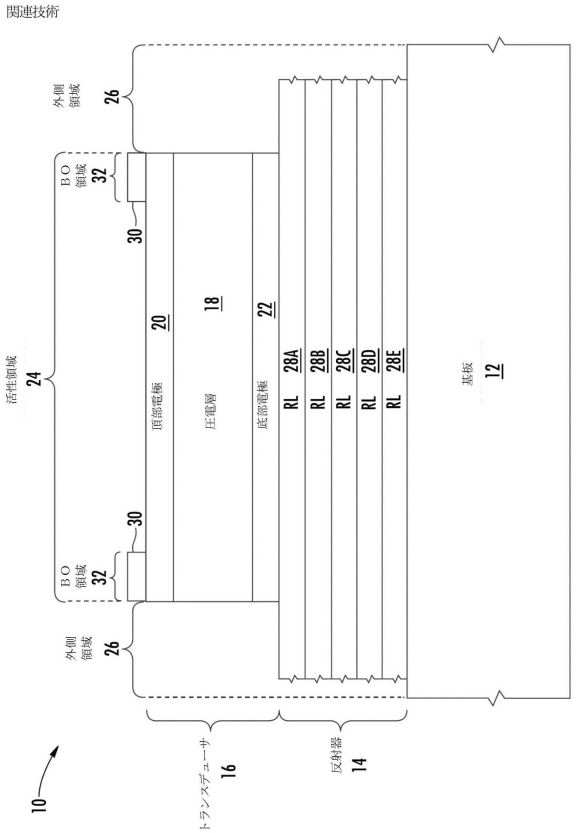
【図３Ｂ】



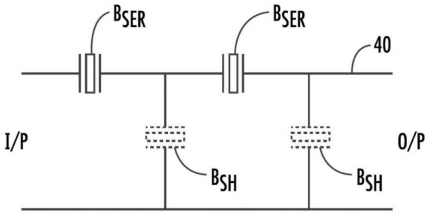
【図３Ｃ】



【図４】



【図５Ａ】



【図５ＢＣ】

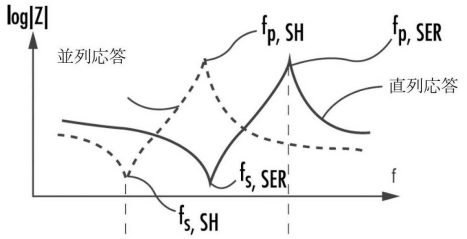


図５Ｂ

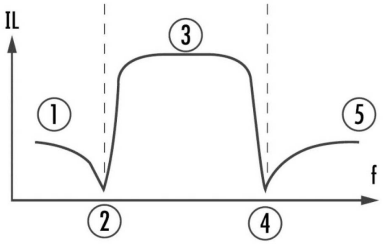


図５Ｃ

【図６ＡＢＣＤＥ】

図６Ａ

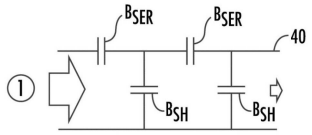


図６Ｂ

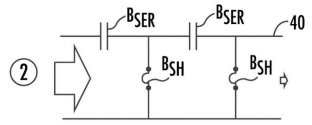


図６Ｃ

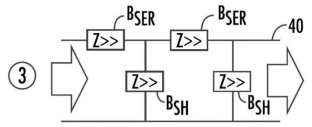


図６Ｄ

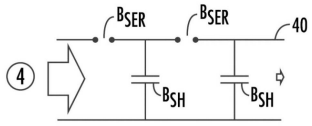
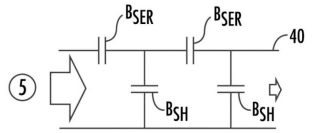
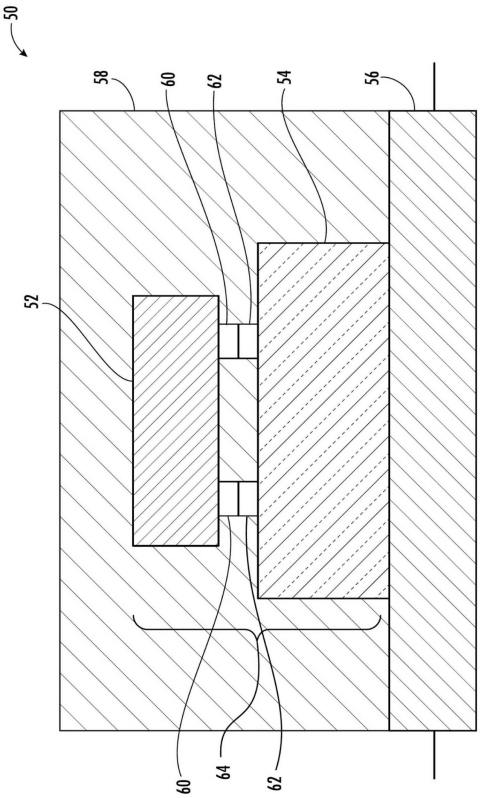


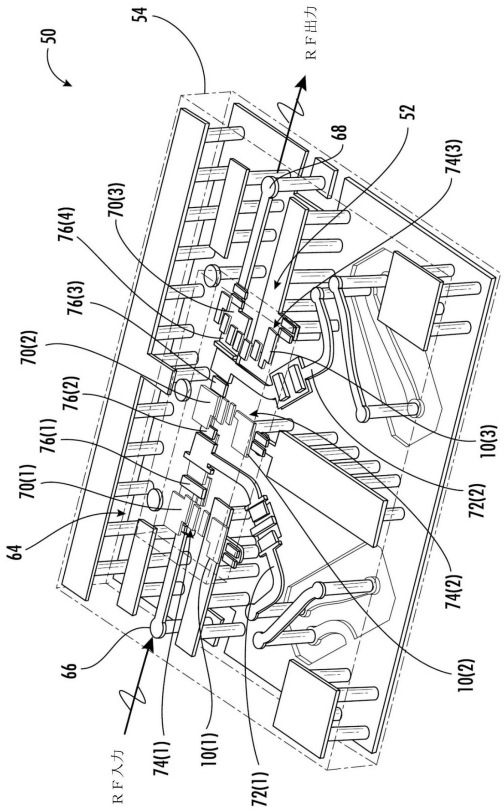
図６Ｅ



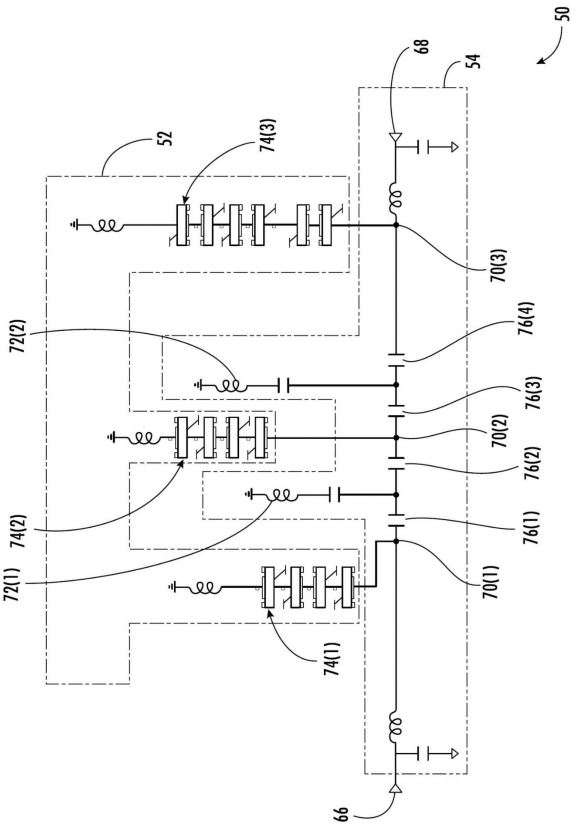
【図７】



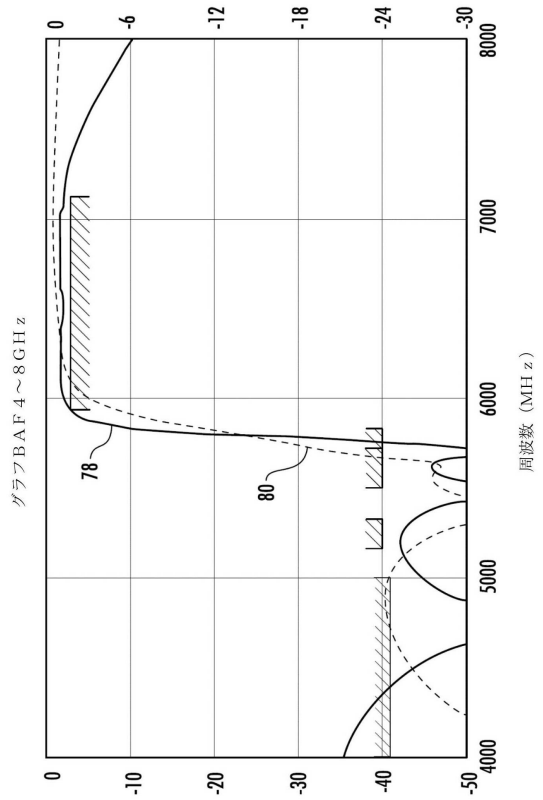
【図８】



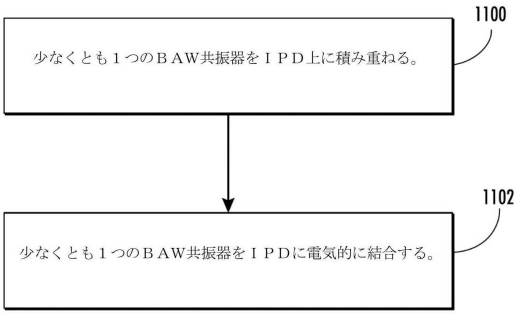
【図９】



【図１０】



【図１１】



【外国語明細書】
2022128590000016.pdf

フロントページの続き

(72)発明者　ケリー・エム・リア
アメリカ合衆国フロリダ州３２７０３，アポップカ，オレンジ・ブロッサム・トレイル　１８１８

Ｆターム（参考）　5J108　AA07 BB08 EE03 GG03 GG05