

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7302981号
(P7302981)

(45)発行日 令和5年7月4日(2023.7.4)

(24)登録日 令和5年6月26日(2023.6.26)

(51)国際特許分類 F I
H 0 3 H 9/54 (2006.01) H 0 3 H 9/54 Z
H 0 3 H 9/17 (2006.01) H 0 3 H 9/17 F

請求項の数 9 (全19頁)

(21)出願番号	特願2019-20834(P2019-20834)	(73)特許権者	000204284 太陽誘電株式会社 東京都中央区京橋二丁目7番19号
(22)出願日	平成31年2月7日(2019.2.7)	(74)代理人	100087480 弁理士 片山 修平
(65)公開番号	特開2020-129727(P2020-129727 A)	(72)発明者	石田 守 東京都中央区京橋二丁目7番19号 太陽誘電株式会社内
(43)公開日	令和2年8月27日(2020.8.27)	(72)発明者	西原 時弘 東京都中央区京橋二丁目7番19号 太陽誘電株式会社内
審査請求日	令和4年1月13日(2022.1.13)	(72)発明者	谷口 眞司 東京都中央区京橋二丁目7番19号 太陽誘電株式会社内
		審査官	吉村 伊佐雄

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フィルタおよびマルチプレクサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、

前記基板上に設けられ、入力端子と出力端子との間に直列に接続され、第1下部電極と、前記第1下部電極上に設けられた第1圧電膜と、前記第1圧電膜上に設けられた第1上部電極と、前記第1圧電膜を挟み前記第1下部電極と前記第1上部電極とが対向する第1共振領域の第1中央領域に設けられておらず前記第1中央領域を囲む少なくとも一部に前記第1共振領域の第1外周を含み前記第1外周に沿って前記第1下部電極と前記第1上部電極との間に設けられた第1挿入膜と、を備え、前記第1共振領域内における前記第1外周の接線に直交する方向の前記第1挿入膜の第1幅を有する複数の第1圧電薄膜共振器と、

10

前記基板上に設けられ、前記入力端子と前記出力端子との間に並列に接続され、第2下部電極と、前記第2下部電極上に設けられた第2圧電膜と、前記第2圧電膜上に設けられた第2上部電極と、前記第2圧電膜を挟み前記第2下部電極と前記第2上部電極とが対向する第2共振領域の第2中央領域に設けられておらず前記第2中央領域を囲む少なくとも一部に前記第2共振領域の第2外周を含み前記第2外周に沿って前記第2下部電極と前記第2上部電極との間に設けられた第2挿入膜と、を備え、前記第2共振領域内における前記第2外周の接線に直交する方向の前記第2挿入膜の第2幅を有する複数の第2圧電薄膜共振器と、
を備え、

前記複数の第1圧電薄膜共振器の各々の前記第1幅は略一定であり、前記複数の第1圧

20

電薄膜共振器の互いの前記第 1 幅は略等しく、

前記複数の第 2 圧電薄膜共振器の各々の前記第 2 幅は略一定であり、前記複数の第 2 圧電薄膜共振器の互いの前記第 2 幅は略等しく、

前記第 1 幅と前記第 2 幅とは異なるフィルタ。

【請求項 2】

前記第 1 幅を W_1 とし、前記第 2 幅を W_2 とし、前記第 1 共振領域における前記第 1 下部電極、前記第 1 圧電膜および前記第 1 上部電極の合計の厚さと、前記第 2 共振領域における前記第 2 下部電極、前記第 2 圧電膜および前記第 2 上部電極の合計の厚さと、の和をとし、任意の自然数を N としたとき、

$$N \times \frac{1}{2} - \frac{1}{8} < |W_1 - W_2| < N \times \frac{1}{2} + \frac{1}{8}$$

である請求項 1 に記載のフィルタ。

10

【請求項 3】

$$0.7 + N \times \frac{1}{2} - \frac{1}{8} < W_1 < 0.7 + N \times \frac{1}{2} + \frac{1}{8} \text{ かつ}$$

$$0.7 + N \times \frac{1}{2} - \frac{1}{8} < W_2 < 0.7 + N \times \frac{1}{2} + \frac{1}{8}$$

である請求項 2 に記載のフィルタ。

【請求項 4】

前記複数の第 1 圧電薄膜共振器および前記複数の第 2 圧電薄膜共振器の Q 値は互いに同じである請求項 3 に記載のフィルタ。

【請求項 5】

基板と、

20

前記基板上に設けられ、入力端子と出力端子との間に直列に接続され、第 1 下部電極と、前記第 1 下部電極上に設けられた第 1 圧電膜と、前記第 1 圧電膜上に設けられた第 1 上部電極と、前記第 1 圧電膜を挟み前記第 1 下部電極と前記第 1 上部電極とが対向する第 1 共振領域の第 1 中央領域に設けられておらず前記第 1 中央領域を囲む少なくとも一部に前記第 1 共振領域の第 1 外周を含み前記第 1 外周に沿って前記第 1 下部電極と前記第 1 上部電極との間に設けられた第 1 挿入膜と、を備え、前記第 1 共振領域内における前記第 1 外周の接線に直交する方向の前記第 1 挿入膜の第 1 幅を有する複数の第 1 圧電薄膜共振器と、

前記基板上に設けられ、前記入力端子と前記出力端子との間に並列に接続され、第 2 下部電極と、前記第 2 下部電極上に設けられた第 2 圧電膜と、前記第 2 圧電膜上に設けられた第 2 上部電極と、前記第 2 圧電膜を挟み前記第 2 下部電極と前記第 2 上部電極とが対向する第 2 共振領域の第 2 中央領域に設けられておらず前記第 2 中央領域を囲む少なくとも一部に前記第 2 共振領域の第 2 外周を含み前記第 2 外周に沿って前記第 2 下部電極と前記第 2 上部電極との間に設けられた第 2 挿入膜と、を備え、前記第 2 共振領域内における前記第 2 外周の接線に直交する方向の前記第 2 挿入膜の第 2 幅を有する複数の第 2 圧電薄膜共振器と、

30

を備え、

前記複数の第 1 圧電薄膜共振器における前記第 1 下部電極が前記第 1 共振領域から引き出される第 1 下部電極引き出し領域における前記第 1 幅を W_{L1} とし、前記第 1 上部電極が前記第 1 共振領域から引き出される第 1 上部電極引き出し領域における前記第 1 幅を W_{U1} とし、

40

前記複数の第 2 圧電薄膜共振器における前記第 2 下部電極が前記第 2 共振領域から引き出される第 2 下部電極引き出し領域における前記第 2 幅を W_{L2} とし、前記第 2 上部電極が前記第 2 共振領域から引き出される第 2 上部電極引き出し領域における前記第 2 幅を W_{U2} としたとき、

前記複数の第 1 圧電薄膜共振器の各々の前記 W_{L1} は略一定であり、前記複数の第 1 圧電薄膜共振器の互いの前記 W_{L1} は略等しく、

前記複数の第 1 圧電薄膜共振器の各々の前記 W_{U1} は略一定であり、前記複数の第 1 圧電薄膜共振器の互いの前記 W_{U1} は略等しく、

前記複数の第 2 圧電薄膜共振器の各々の前記 W_{L2} は略一定であり、前記複数の第 2 圧電薄膜共振器の互いの前記 W_{L2} は略等しく、

50

前記複数の第 2 圧電薄膜共振器の各々の前記 W U 2 は略一定であり、前記複数の第 2 圧電薄膜共振器の互いの前記 W U 2 は略等しく、

前記 W L 1 と前記 W U 1 とは異なり、前記 W L 2 と前記 W U 2 とは異なり、

前記 W L 1 と前記 W L 2 とは異なり、前記 W U 1 と前記 W U 2 とは異なるフィルタ。

【請求項 6】

基板と、

前記基板上に設けられ、入力端子と出力端子との間に直列に接続され、第 1 下部電極と、前記第 1 下部電極上に設けられた第 1 圧電膜と、前記第 1 圧電膜上に設けられた第 1 上部電極と、前記第 1 圧電膜を挟み前記第 1 下部電極と前記第 1 上部電極とが対向する第 1 共振領域の第 1 中央領域に設けられておらず前記第 1 中央領域を囲む少なくとも一部に前記第 1 共振領域の第 1 外周を含み前記第 1 外周に沿って前記第 1 下部電極と前記第 1 上部電極との間に設けられた第 1 挿入膜と、を備え、前記第 1 共振領域内における前記第 1 外周の接線に直交する方向の前記第 1 挿入膜の第 1 幅を有する第 1 圧電薄膜共振器と、

前記基板上に設けられ、前記入力端子と前記出力端子との間に並列に接続され、第 2 下部電極と、前記第 2 下部電極上に設けられた第 2 圧電膜と、前記第 2 圧電膜上に設けられた第 2 上部電極と、前記第 2 圧電膜を挟み前記第 2 下部電極と前記第 2 上部電極とが対向する第 2 共振領域の第 2 中央領域に設けられておらず前記第 2 中央領域を囲む少なくとも一部に前記第 2 共振領域の第 2 外周を含み前記第 2 外周に沿って前記第 2 下部電極と前記第 2 上部電極との間に設けられた第 2 挿入膜と、を備え、前記第 2 共振領域内における前記第 2 外周の接線に直交する方向の前記第 2 挿入膜の第 2 幅を有し、前記第 2 幅は前記第 1 圧電薄膜共振器の第 1 幅と異なる第 2 圧電薄膜共振器と、

を備え、

前記第 1 圧電薄膜共振器における前記第 1 下部電極が前記第 1 共振領域から引き出される第 1 下部電極引き出し領域における前記第 1 幅と、前記第 1 上部電極が前記第 1 共振領域から引き出される第 1 上部電極引き出し領域における前記第 1 幅と、は異なり、

前記第 2 圧電薄膜共振器における前記第 2 下部電極が前記第 2 共振領域から引き出される第 2 下部電極引き出し領域における前記第 2 幅と、前記第 2 上部電極が前記第 2 共振領域から引き出される第 2 上部電極引き出し領域における前記第 2 幅と、は異なり、

前記第 1 下部電極引き出し領域における前記第 1 幅を W L 1 とし、前記第 1 上部電極引き出し領域における前記第 1 幅を W U 1 とし、前記第 2 下部電極引き出し領域における前記第 2 幅を W L 2 とし、前記第 2 上部電極引き出し領域における前記第 2 幅を W U 2 とし、前記第 1 共振領域における前記第 1 下部電極、前記第 1 圧電膜および前記第 1 上部電極の合計の厚さと、前記第 2 共振領域における前記第 2 下部電極、前記第 2 圧電膜および前記第 2 上部電極の合計の厚さと、の和を $\frac{N}{2} - \frac{1}{8}$ とし、任意の自然数を N としたとき、

$$N \times \frac{1}{2} - \frac{1}{8} < |W L 1 - W L 2| < N \times \frac{1}{2} + \frac{1}{8} \text{ かつ}$$

$$N \times \frac{1}{2} - \frac{1}{8} < |W U 1 - W U 2| < N \times \frac{1}{2} + \frac{1}{8}$$

であるフィルタ。

【請求項 7】

前記第 1 挿入膜および前記第 2 挿入膜の音響インピーダンスは前記第 1 圧電膜および前記第 2 圧電膜の音響インピーダンスより小さい請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のフィルタ。

【請求項 8】

前記第 1 圧電膜と前記第 2 圧電膜とは同じ圧電材料からなり、前記第 1 圧電膜の厚さと前記第 2 圧電膜の厚さとは略等しく、前記第 1 挿入膜と前記第 2 挿入膜とは同じ材料からなり、前記第 1 挿入膜の厚さと前記第 2 挿入膜の厚さとは略等しい請求項 2、3 および 6 のいずれか一項に記載のフィルタ。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のフィルタを含むマルチプレクサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、フィルタおよびマルチプレクサに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

圧電薄膜共振器を用いた弾性波デバイスは、例えば携帯電話等の無線機器のフィルタおよびデュプレクサとして用いられている。圧電薄膜共振器は、圧電膜を挟み下部電極と上部電極が対向する構造を有している。圧電膜を挟み下部電極と上部電極が対向する領域が共振領域である。共振領域内の外周に沿った領域の下部電極と上部電極との間に挿入膜を設けることが知られている（例えば特許文献 1 から 3 ）

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 文献 】 特開 2 0 1 5 - 9 5 7 2 9 号公報

特開 2 0 1 6 - 2 9 7 6 6 号公報

特開 2 0 1 8 - 1 0 1 9 5 2 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

挿入膜を設けることで、圧電薄膜共振器の Q 値が向上する。また、共振領域内への挿入膜の挿入幅を変えることで電気機械結合係数を変えることができる。しかしながら、ラダー型フィルタの直列共振器と並列共振器との Q 値および電気機械結合係数を所望値とし、フィルタ特性を所望の特性とすることは難しい。

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、フィルタ特性を所望の特性とすることを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、基板と、前記基板上に設けられ、入力端子と出力端子との間に直列に接続され、第 1 下部電極と、前記第 1 下部電極上に設けられた第 1 圧電膜と、前記第 1 圧電膜上に設けられた第 1 上部電極と、前記第 1 圧電膜を挟み前記第 1 下部電極と前記第 1 上部電極とが対向する第 1 共振領域の第 1 中央領域に設けられておらず前記第 1 中央領域を囲む少なくとも一部に前記第 1 共振領域の第 1 外周を含み前記第 1 外周に沿って前記第 1 下部電極と前記第 1 上部電極との間に設けられた第 1 挿入膜と、を備え、前記第 1 共振領域内における前記第 1 外周の接線に直交する方向の前記第 1 挿入膜の第 1 幅を有する複数の第 1 圧電薄膜共振器と、前記基板上に設けられ、前記入力端子と前記出力端子との間に並列に接続され、第 2 下部電極と、前記第 2 下部電極上に設けられた第 2 圧電膜と、前記第 2 圧電膜上に設けられた第 2 上部電極と、前記第 2 圧電膜を挟み前記第 2 下部電極と前記第 2 上部電極とが対向する第 2 共振領域の第 2 中央領域に設けられておらず前記第 2 中央領域を囲む少なくとも一部に前記第 2 共振領域の第 2 外周を含み前記第 2 外周に沿って前記第 2 下部電極と前記第 2 上部電極との間に設けられた第 2 挿入膜と、を備え、前記第 2 共振領域内における前記第 2 外周の接線に直交する方向の前記第 2 挿入膜の第 2 幅を有する複数の第 2 圧電薄膜共振器と、を備え、前記複数の第 1 圧電薄膜共振器の各々の前記第 1 幅は略一定であり、前記複数の第 1 圧電薄膜共振器の互いの前記第 1 幅は略等しく、前記複数の第 2 圧電薄膜共振器の各々の前記第 2 幅は略一定であり、前記複数の第 2 圧電薄膜共振器の互いの前記第 2 幅は略等しく、前記第 1 幅と前記第 2 幅とは異なるフィルタである。

【 0 0 0 8 】

上記構成において、前記第 1 幅を W_1 とし、前記第 2 幅を W_2 とし、前記第 1 共振領域における前記第 1 下部電極、前記第 1 圧電膜および前記第 1 上部電極の合計の厚さと、前記第 2 共振領域における前記第 2 下部電極、前記第 2 圧電膜および前記第 2 上部電極の合

10

20

30

40

50

計の厚さとの和を W とし、任意の自然数を N としたとき、 $N \times \frac{W_1}{2} - \frac{W_2}{8} < W_1 - W_2 < N \times \frac{W_1}{2} + \frac{W_2}{8}$ である構成とすることができる。

【0009】

上記構成において、 $0.7 \times \frac{W_1}{2} + N \times \frac{W_1}{2} - \frac{W_2}{8} < W_1 < 0.7 \times \frac{W_1}{2} + N \times \frac{W_1}{2} + \frac{W_2}{8}$ かつ $0.7 \times \frac{W_1}{2} + N \times \frac{W_1}{2} - \frac{W_2}{8} < W_2 < 0.7 \times \frac{W_1}{2} + N \times \frac{W_1}{2} + \frac{W_2}{8}$ である構成とすることができる。

上記構成において、前記複数の第1圧電薄膜共振器および前記複数の第2圧電薄膜共振器のQ値は互いに同じである構成とすることができる。

【0010】

本発明は、基板と、前記基板上に設けられ、入力端子と出力端子との間に直列に接続され、第1下部電極と、前記第1下部電極上に設けられた第1圧電膜と、前記第1圧電膜上に設けられた第1上部電極と、前記第1圧電膜を挟み前記第1下部電極と前記第1上部電極とが対向する第1共振領域の第1中央領域に設けられておらず前記第1中央領域を囲む少なくとも一部に前記第1共振領域の第1外周を含み前記第1外周に沿って前記第1下部電極と前記第1上部電極との間に設けられた第1挿入膜と、を備え、前記第1共振領域内における前記第1外周の接線に直交する方向の前記第1挿入膜の第1幅を有する複数の第1圧電薄膜共振器と、前記基板上に設けられ、前記入力端子と前記出力端子との間に並列に接続され、第2下部電極と、前記第2下部電極上に設けられた第2圧電膜と、前記第2圧電膜上に設けられた第2上部電極と、前記第2圧電膜を挟み前記第2下部電極と前記第2上部電極とが対向する第2共振領域の第2中央領域に設けられておらず前記第2中央領域を囲む少なくとも一部に前記第2共振領域の第2外周を含み前記第2外周に沿って前記第2下部電極と前記第2上部電極との間に設けられた第2挿入膜と、を備え、前記第2共振領域内における前記第2外周の接線に直交する方向の前記第2挿入膜の第2幅を有する複数の第2圧電薄膜共振器と、を備え、前記複数の第1圧電薄膜共振器における前記第1下部電極が前記第1共振領域から引き出される第1下部電極引き出し領域における前記第1幅を W_L1 とし、前記第1上部電極が前記第1共振領域から引き出される第1上部電極引き出し領域における前記第1幅を W_U1 とし、前記複数の第2圧電薄膜共振器における前記第2下部電極が前記第2共振領域から引き出される第2下部電極引き出し領域における前記第2幅を W_L2 とし、前記第2上部電極が前記第2共振領域から引き出される第2上部電極引き出し領域における前記第2幅を W_U2 としたとき、前記複数の第1圧電薄膜共振器の各々の前記 W_L1 は略一定であり、前記複数の第1圧電薄膜共振器の互いの前記 W_L1 は略等しく、前記複数の第1圧電薄膜共振器の各々の前記 W_U1 は略一定であり、前記複数の第1圧電薄膜共振器の互いの前記 W_U1 は略等しく、前記複数の第2圧電薄膜共振器の各々の前記 W_L2 は略一定であり、前記複数の第2圧電薄膜共振器の互いの前記 W_L2 は略等しく、前記複数の第2圧電薄膜共振器の各々の前記 W_U2 は略一定であり、前記複数の第2圧電薄膜共振器の互いの前記 W_U2 は略等しく、前記 W_L1 と前記 W_U1 とは異なり、前記 W_L2 と前記 W_U2 とは異なり、前記 W_L1 と前記 W_L2 とは異なり、前記 W_U1 と前記 W_U2 とは異なるフィルタである。

【0011】

本発明は、基板と、前記基板上に設けられ、入力端子と出力端子との間に直列に接続され、第1下部電極と、前記第1下部電極上に設けられた第1圧電膜と、前記第1圧電膜上に設けられた第1上部電極と、前記第1圧電膜を挟み前記第1下部電極と前記第1上部電極とが対向する第1共振領域の第1中央領域に設けられておらず前記第1中央領域を囲む少なくとも一部に前記第1共振領域の第1外周を含み前記第1外周に沿って前記第1下部電極と前記第1上部電極との間に設けられた第1挿入膜と、を備え、前記第1共振領域内における前記第1外周の接線に直交する方向の前記第1挿入膜の第1幅を有する第1圧電薄膜共振器と、前記基板上に設けられ、前記入力端子と前記出力端子との間に並列に接続され、第2下部電極と、前記第2下部電極上に設けられた第2圧電膜と、前記第2圧電膜上に設けられた第2上部電極と、前記第2圧電膜を挟み前記第2下部電極と前記第2上部電極とが対向する第2共振領域の第2中央領域に設けられておらず前記第2中央領域を囲む

10

20

30

40

50

少なくとも一部に前記第 2 共振領域の第 2 外周を含み前記第 2 外周に沿って前記第 2 下部電極と前記第 2 上部電極との間に設けられた第 2 挿入膜と、を備え、前記第 2 共振領域内における前記第 2 外周の接線に直交する方向の前記第 2 挿入膜の第 2 幅を有し、前記第 2 幅は前記第 1 圧電薄膜共振器の第 1 幅と異なる第 2 圧電薄膜共振器と、を備え、前記第 1 圧電薄膜共振器における前記第 1 下部電極が前記第 1 共振領域から引き出される第 1 下部電極引き出し領域における前記第 1 幅と、前記第 1 上部電極が前記第 1 共振領域から引き出される第 1 上部電極引き出し領域における前記第 1 幅と、は異なり、前記第 2 圧電薄膜共振器における前記第 2 下部電極が前記第 2 共振領域から引き出される第 2 下部電極引き出し領域における前記第 2 幅と、前記第 2 上部電極が前記第 2 共振領域から引き出される第 2 上部電極引き出し領域における前記第 2 幅と、は異なり、前記第 1 下部電極引き出し領域における前記第 1 幅を $W L 1$ とし、前記第 1 上部電極引き出し領域における前記第 1 幅を $W U 1$ とし、前記第 2 下部電極引き出し領域における前記第 2 幅を $W L 2$ とし、前記第 2 上部電極引き出し領域における前記第 2 幅を $W U 2$ とし、前記第 1 共振領域における前記第 1 下部電極、前記第 1 圧電膜および前記第 1 上部電極の合計の厚さと、前記第 2 共振領域における前記第 2 下部電極、前記第 2 圧電膜および前記第 2 上部電極の合計の厚さと、の和を N とし、任意の自然数を N としたとき、 $N \times \frac{W L 1 - W L 2}{2} - \frac{W U 1 - W U 2}{8} < |W L 1 - W L 2| < N \times \frac{W L 1 + W L 2}{2} + \frac{W U 1 - W U 2}{8}$ かつ $N \times \frac{W U 1 - W U 2}{2} - \frac{W L 1 - W L 2}{8} < |W U 1 - W U 2| < N \times \frac{W U 1 + W U 2}{2} + \frac{W L 1 - W L 2}{8}$ であるフィルタである。

10

【0012】

上記構成において、前記第 1 挿入膜および前記第 2 挿入膜の音響インピーダンスは前記第 1 圧電膜および前記第 2 圧電膜の音響インピーダンスより小さい構成とすることができる。

20

【0013】

上記構成において、前記第 1 圧電膜と前記第 2 圧電膜とは同じ圧電材料からなり、前記第 1 圧電膜の厚さと前記第 2 圧電膜の厚さとは略等しく、前記第 1 挿入膜と前記第 2 挿入膜とは同じ材料からなり、前記第 1 挿入膜の厚さと前記第 2 挿入膜の厚さとは略等しい構成とすることができる。

【0014】

本発明は、上記フィルタを含むマルチプレクサである。

【発明の効果】

30

【0015】

本発明によれば、フィルタ特性を所望の特性とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図 1】図 1 は、実施例 1 に係るフィルタの回路図である。

【図 2】図 2 (a) は、実施例 1 における圧電薄膜共振器の平面図、図 2 (b) は、挿入膜の平面図、図 2 (c) および図 2 (d) は、図 2 (a) の A - A 断面図である。

【図 3】図 3 は、シミュレーション 1 における挿入幅 $W U$ および $W L$ に対す Q 値を示す図である。

【図 4】図 4 (a) および図 4 (b) は、シミュレーション 1 におけるそれぞれ挿入幅 $W U$ および $W L$ に対する Q 値を示す図である。

40

【図 5】図 5 は、シミュレーション 1 における挿入幅 $W U$ および $W L$ に対す電気機械結合係数 k^2 を示す図である。

【図 6】図 6 (a) および図 6 (b) は、シミュレーション 1 におけるそれぞれ挿入幅 $W U$ および $W L$ に対する電気機械結合係数 k^2 を示す図である。

【図 7】図 7 (a) および図 7 (b) は、実施例 1 における直列共振器および並列共振器の共振領域と挿入膜の平面図である。

【図 8】図 8 (a) は、シミュレーション 2 におけるフィルタの通過特性を示す図、図 8 (b) は、通過帯域における通過特性の拡大図である。

【図 9】図 9 (a) および図 9 (b) は、実施例 1 の変形例 1 における直列共振器および

50

並列共振器の共振領域と挿入膜の平面図である。

【図 1 0】図 1 0 (a) から図 1 0 (d) は、実施例 1 の変形例 2 から 5 における圧電薄膜共振器を示す断面図である。

【図 1 1】図 1 1 (a) から図 1 1 (d) は、実施例 1 の変形例 6 から 9 における圧電薄膜共振器を示す断面図である。

【図 1 2】図 1 2 (a) および図 1 2 (b) は、実施例 1 の変形例 1 0 および 1 1 における圧電薄膜共振器の断面図である。

【図 1 3】図 1 3 は、実施例 2 に係るデュプレクサの回路図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

以下図面を参照し、本発明の実施例について説明する。

【実施例 1】

【 0 0 1 8 】

図 1 は、実施例 1 に係るフィルタの回路図である。図 1 に示すように、実施例 1 に係るフィルタでは入力端子 T 1 と出力端子 T 2 との間の直列に直列共振器 S 1 から S 4 が接続されている。入力端子 T 1 と出力端子 T 2 との間の並列に並列共振器 P 1 から P 4 が接続されている。並列共振器 P 1 から P 4 の一端はグランド端子に接続されている。フィルタは、入力端子 T 1 から入力した高周波信号のうち通過帯域の信号を出力端子 T 2 に出力させ、他の周波数帯域の信号を抑圧する。

【 0 0 1 9 】

図 2 (a) は、実施例 1 における圧電薄膜共振器の平面図、図 2 (b) は、挿入膜の平面図、図 2 (c) および図 2 (d) は、図 2 (a) の A - A 断面図である。図 2 (c) は、直列共振器を、図 2 (d) は並列共振器を示している。

【 0 0 2 0 】

図 2 (a) および図 2 (c) を参照し、直列共振器 S 1 から S 4 の構造について説明する。シリコン (Si) 基板である基板 1 0 上に、下部電極 1 2 が設けられている。基板 1 0 の平坦主面と下部電極 1 2 との間にドーム状の膨らみを有する空隙 3 0 が形成されている。ドーム状の膨らみとは、例えば空隙 3 0 の周辺では空隙 3 0 の高さが小さく、空隙 3 0 の内部ほど空隙 3 0 の高さが大きくなるような形状の膨らみである。空隙 3 0 は、圧電膜 1 4 に励振された弾性波を反射する音響反射層として機能する。下部電極 1 2 は下層 1 2 a と上層 1 2 b とを含んでいる。下層 1 2 a は例えばクロム (Cr) 膜であり、上層 1 2 b は例えばルテニウム (Ru) 膜である。

【 0 0 2 1 】

下部電極 1 2 上に、(0 0 0 1) 方向を主軸とする(すなわち C 軸配向性を有する)窒化アルミニウム (AlN) を主成分とする圧電膜 1 4 が設けられている。圧電膜 1 4 は、下部圧電膜 1 4 a および上部圧電膜 1 4 b を備えている。下部圧電膜 1 4 a は下部電極 1 2 上に設けられ、上部圧電膜 1 4 b は下部圧電膜 1 4 a と上部電極 1 6 との間に設けられている。下部圧電膜 1 4 a と上部圧電膜 1 4 b との間に挿入膜 2 8 が設けられている。

【 0 0 2 2 】

圧電膜 1 4 の少なくとも一部を挟み下部電極 1 2 と対向する共振領域 5 0 を有するように圧電膜 1 4 上に上部電極 1 6 が設けられている。共振領域 5 0 は、楕円形状を有し、厚み縦振動モードの弾性波が共振する領域である。平面視において空隙 3 0 は共振領域 5 0 を含み共振領域 5 0 より大きく設けられる。これにより、圧電膜 1 4 に励振された弾性波は空隙 3 0 により反射される。上部電極 1 6 は下層 1 6 a および上層 1 6 b を含んでいる。下層 1 6 a は例えばルテニウム膜であり、上層 1 6 b は例えばクロム膜である。

【 0 0 2 3 】

上部電極 1 6 上に周波数調整膜 2 4 として酸化シリコン膜が形成されている。共振領域 5 0 内の積層膜 1 8 は、下部電極 1 2、圧電膜 1 4、上部電極 1 6 および周波数調整膜 2 4 を含む。周波数調整膜 2 4 はパッシベーション膜として機能してもよい。

【 0 0 2 4 】

10

20

30

40

50

図2(b)に示すように、挿入膜28は、共振領域50の中央領域54に設けられておらず、外周領域52に設けられている。すなわち挿入膜28は、中央領域54を囲む少なくとも一部に共振領域50の外周51を含み外周51に沿って設けられている。挿入膜28は、例えばリング状またはリング状の一部がカットされた形状である。中央領域54は、共振領域50内の領域であって、共振領域50の中央を含む領域である。中央は幾何学的な中心でなくてもよい。

【0025】

共振領域50における外周51の接線に直交する方向の挿入膜28の幅は挿入幅である。共振領域50のうち下部電極12が引き出される側の領域を領域56L(下部電極引き出し領域)とし、上部電極16が引き出される側の領域を領域56U(上部電極引き出し領域)とする。下部電極12と上部電極16の合わせずれが生じて共振領域50の面積が変わらないように、領域56U以外では下部電極12は共振領域50より大きく形成されている。これにより、領域56U以外の領域は領域56Lとなる。すなわち共振領域50を囲む領域は領域56Uまたは56Lのいずれかである。領域56Lにおける挿入膜28の挿入幅をWLとし、領域56Uにおける挿入膜28の挿入幅をWUとする。挿入幅WLとWUとは同じでもよく、異なってもよい。

10

【0026】

下部電極12の引き出し領域56Lにおいて、上部圧電膜14bの端面の上端は共振領域50の輪郭に略一致し、上部圧電膜14bの端面は下端が外側に位置するように傾斜している。下部圧電膜14aの端面は共振領域50の輪郭より外側に位置する。これにより、Q値等の特性が向上する。

20

【0027】

図2(a)のように、下部電極12には犠牲層をエッチングするための導入路33が形成されている。犠牲層は空隙30を形成するための層である。導入路33の先端付近は圧電膜14で覆われておらず、下部電極12は導入路33の先端に孔部35を有する。

【0028】

図2(d)を参照し、並列共振器P1からP4の構造について説明する。並列共振器P1からP4は直列共振器S1からS4と比較し、上部電極16の下層16aと上層16bとの間に、チタン(Ti)層からなる質量負荷膜20が設けられている。よって、積層膜18は直列共振器S1からS4の積層膜に加え、共振領域50内の全面に形成された質量負荷膜20を含む。その他の構成は直列共振器S1からS4の図2(c)と同じであり説明を省略する。

30

【0029】

直列共振器S1からS4と並列共振器P1からP4との共振周波数の差は、質量負荷膜20の膜厚を用い調整する。直列共振器S1からS4と並列共振器P1からP4との両方の共振周波数の調整は、周波数調整膜24の膜厚を調整することにより行なう。

【0030】

基板10としては、シリコン基板以外に、サファイア基板、アルミナ基板、スピネル基板、石英基板、水晶基板、ガラス基板、セラミック基板またはGaAs基板等を用いることができる。下部電極12および上部電極16としては、ルテニウムおよびクロム以外にもアルミニウム(Al)、チタン、銅(Cu)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、タンタル(Ta)、白金(Pt)、ロジウム(Rh)またはイリジウム(Ir)等の単層膜またはこれらの積層膜を用いることができる。例えば、上部電極16の下層16aをRu、上層16bをMoとしてもよい。

40

【0031】

圧電膜14は、窒化アルミニウム以外にも、酸化亜鉛(ZnO)、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、チタン酸鉛(PbTiO₃)等を用いることができる。また、例えば、圧電膜14は、窒化アルミニウムを主成分とし、共振特性の向上または圧電性の向上のため他の元素を含んでもよい。例えば、添加元素として、スカンジウム(Sc)、2族元素と4族元素との2つの元素、または2族元素と5族元素との2つの元素を用いることにより、

50

圧電膜 14 の圧電性が向上する。このため、圧電薄膜共振器の実効的電気機械結合係数を向上できる。2 族元素は、例えばカルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、ストロンチウム (Sr) または亜鉛 (Zn) である。4 族元素は、例えばチタン、ジルコニウム (Zr) またはハフニウム (Hf) である。5 族元素は、例えばタンタル、ニオブ (Nb) またはバナジウム (V) である。さらに、圧電膜 14 は、窒化アルミニウムを主成分とし、ボロン (B) を含んでもよい。

【0032】

挿入膜 28 は、圧電膜 14 よりヤング率および / または音響インピーダンスが小さい材料である。挿入膜 28 は、酸化シリコン以外に、アルミニウム (Al)、金 (Au)、銅、チタン、白金、タンタルまたはクロム等の単層膜またはこれらの積層膜を用いることができる。

10

【0033】

周波数調整膜 24 としては、酸化シリコン膜以外にも窒化シリコン膜または窒化アルミニウム膜等を用いることができる。質量負荷膜 20 としては、チタン以外にも、下部電極 12 および上部電極 16 として例示した金属膜、または窒化シリコンまたは酸化シリコン等の絶縁膜を用いることもできる。

【0034】

[シミュレーション 1]

挿入膜 28 の挿入幅 WL および WU を変えて Q 値および電気機械結合係数を有限要素法を用い 2 次元シミュレーションした。

20

シミュレーション条件は以下である。

下部電極 12 の下層 12a : 厚さが 99 nm のクロム膜

下部電極 12 の上層 12b : 厚さは 198 nm のルテニウム膜

下部圧電膜 14a : 厚さが 623 nm の窒化アルミニウム膜

上部圧電膜 14b : 厚さが 623 nm の窒化アルミニウム膜

上部電極 16 の下層 16a : 厚さが 238 nm のルテニウム膜

上部電極 16 の上層 16b : 厚さは 35 nm のクロム膜

挿入膜 28 : 厚さが 150 nm の酸化シリコン膜

共振領域 50 : 長さが 84 μm

下部電極 12、圧電膜 14 および上部電極 16 の合計の厚さがほぼ弾性波の波長の $1/2$ となる。よって、弾性波の波長は約 3632 nm である。

30

【0035】

図 3 は、シミュレーション 1 における挿入幅 WU および WL に対する Q 値を示す図である。図 4 (a) および図 4 (b) は、シミュレーション 1 におけるそれぞれ挿入幅 WU および WL に対する Q 値を示す図である。図 4 (a) は、図 3 の直線 59U における挿入幅 WL が 2.2 μm のときの WU に対する Q 値、図 4 (b) は、図 3 の直線 59L における挿入幅 WU が 2.8 μm のときの WL に対する Q 値を示す図である。Qa は反共振周波数における Q 値である。

【0036】

図 3 から図 4 (b) に示すように、Q 値は挿入幅 WL および WU に対し周期的に変動する。変動の周期はほぼ $\lambda/2$ 、すなわち約 1.816 μm である。挿入幅 WU が最も小さい Q 値のピークは、WU が約 2.7 μm (約 0.74 λ) のときである。挿入幅 WL が最も小さい Q 値のピークは、WL が約 2.5 μm (約 0.69 λ) のときである。このように、挿入幅 WL および WU が約 0.7 λ のとき、Q 値の最初のピークとなる。

40

【0037】

図 5 は、シミュレーション 1 における挿入幅 WU および WL に対する電気機械結合係数 k^2 を示す図である。図 6 (a) および図 6 (b) は、シミュレーション 1 におけるそれぞれ挿入幅 WU および WL に対する電気機械結合係数 k^2 を示す図である。図 6 (a) は、図 5 の直線 59U における挿入幅 WL が 2.2 μm のときの WU に対する電気機械結合係数 k^2 、図 6 (b) は、図 5 の直線 59L における挿入幅 WU が 2.8 μm のときの WL

50

に対する電気機械結合係数 k^2 を示す図である。

【 0 0 3 8 】

図 5 から図 6 (b) に示すように、電気機械結合係数 k^2 は挿入幅 W_L および W_U が大きくなると一様に小さくなる。Q 値のような挿入幅に対する変動はほとんど観察されない。

【 0 0 3 9 】

シミュレーション 1 のように、挿入幅 W_L および W_U を Q 値がピークとなるように選択すれば、Q 値を低下させずに、電気機械結合係数 k^2 を所望の値とすることができる。

【 0 0 4 0 】

図 7 (a) および図 7 (b) は、実施例 1 における直列共振器および並列共振器の共振領域と挿入膜の平面図である。図 7 (a) に示すように、直列共振器 S 1 から S 4 では、挿入幅 $W_U 1$ と $W_L 1$ とは略等しい。図 7 (b) に示すように、並列共振器 P 1 から P 4 では、挿入幅 $W_U 2$ と $W_L 2$ とは略等しい。

10

【 0 0 4 1 】

[シミュレーション 2]

直列共振器 S 1 から S 4 の挿入幅 $W_U 1$ および $W_L 1$ と並列共振器 P 1 から P 4 の挿入幅 $W_U 2$ および $W_L 2$ とを異ならせて、フィルタの通過特性をシミュレーションした。

シミュレーション条件は以下である。

実施例 1

直列共振器 S 1 から S 4 の挿入幅 $W_U 1$ および $W_L 1 : 2 . 8 \mu m$

並列共振器 P 1 から P 4 の挿入幅 $W_U 2$ および $W_L 2 : 6 . 5 \mu m$

20

比較例 1

直列共振器 S 1 から S 4 の挿入幅 $W_U 1$ および $W_L 1 : 2 . 8 \mu m$

並列共振器 P 1 から P 4 の挿入幅 $W_U 2$ および $W_L 2 : 2 . 8 \mu m$

その他の条件はシミュレーション 1 と同じである。

【 0 0 4 2 】

実施例 1 では直列共振器 S 1 から S 4 と並列共振器 P 1 から P 4 との挿入幅の差は $3 . 7 \mu m$ でありほぼ である。比較例 1 では直列共振器 S 1 から S 4 と並列共振器 P 1 から P 4 との挿入幅は同じである。

【 0 0 4 3 】

実施例 1 および比較例 1 における直列共振器 S 1 から S 4 および並列共振器 P 1 から P 4 の共振周波数における Q 値 Q_r 、反共振周波数における Q 値 Q_a および電気機械結合係数 k^2 を示す図である。

30

【 表 1 】

	共振器	挿入幅 [μm]	Q_r	Q_a	k^2 [%]
比較例1	S1~S4	2.8	1598	1678	7.98
	P1~P4	2.8	1610	1741	7.61
実施例1	S1~S4	2.8	1598	1678	7.98
	P1~P4	6.5	1610	1741	7.07

40

【 0 0 4 4 】

表 1 に示すように、実施例 1 では、並列共振器 P 1 から P 4 の電気機械結合係数 k^2 を比較例 1 より低くでき、かつ Q_r および Q_a を比較例 1 と同程度にできる。

【 0 0 4 5 】

図 8 (a) は、シミュレーション 2 におけるフィルタの通過特性を示す図、図 8 (b) は、通過帯域における通過特性の拡大図である。図 8 (a) に示すように、実施例 1 と比較例 1 とでは通過特性および減衰特性はほぼ同程度である。図 8 (b) に示すように、実施例 1 では比較例 1 に比べ通過帯域における損失が小さい。さらに、実施例 1 の通過帯域の低周波数端は比較例 1 より低い。

50

【 0 0 4 6 】

シミュレーション 2 のように、並列共振器 P 1 から P 4 の電気機械結合係数 k^2 を低くすることで通過帯域の他周波数端を低くし、広帯域化できる。

【 0 0 4 7 】

ラダー型フィルタでは、直列共振器 S 1 から S 4 の電気機械結合係数 k^2 を大きくすると、通過帯域の高周波数端の急峻性が高くなり、小さくすると、通過帯域の高周波数端が広帯域化できる。並列共振器 P 1 から P 4 の電気機械結合係数 k^2 を大きくすると、通過帯域の低周波数端の急峻性が高くなり、小さくすると、通過帯域の低周波数端が広帯域化できる。直列共振器 S 1 から S 4 の電気機械結合係数 k^2 を大きくすると、通過帯域の高周波数端の急峻性が高くなり、小さくすると、通過帯域の高周波数端が広帯域化できる。

10

【 0 0 4 8 】

実施例 1 によれば、直列共振器 S 1 から S 4 (1 または複数の第 1 圧電薄膜共振器) では、挿入膜 2 8 (第 1 挿入膜) は、中央領域 5 4 (第 1 中央領域) を囲む少なくとも一部に共振領域 5 0 (第 1 共振領域) の外周 5 1 (第 1 外周) に沿って下部電極 1 2 (第 1 下部電極) と上部電極 1 6 (第 1 上部電極) との間の圧電膜 1 4 (第 1 圧電膜) に挿入されている。共振領域 5 0 内における外周 5 1 の接線に直交する方向の挿入膜 2 8 の挿入幅 (第 1 幅) は $W L 1$ および $W U 1$ である。

【 0 0 4 9 】

並列共振器 P 1 から P 4 (1 または複数の第 2 圧電薄膜共振器) では、挿入膜 2 8 (第 2 挿入膜) は、中央領域 5 4 (第 2 中央領域) を囲む少なくとも一部に共振領域 5 0 (第 2 共振領域) の外周 5 1 (第 2 外周) に沿って下部電極 1 2 (第 2 下部電極) と上部電極 1 6 (第 2 上部電極) との間の圧電膜 1 4 (第 2 圧電膜) に挿入されている。共振領域 5 0 内における外周 5 1 の接線に直交する方向の挿入膜 2 8 の挿入幅 (第 2 幅) は $W L 2$ および $W U 2$ である。並列共振器 P 1 から P 4 の挿入幅 $W L 2$ および $W U 2$ は、直列共振器 S 1 から S 4 の全ての挿入幅 $W L 1$ および $W U 1$ と異なる。これにより、フィルタ特性を所望の特性とすることができる。

20

【 0 0 5 0 】

直列共振器 S 1 から S 4 の各々の挿入幅 $W U 1$ および $W L 1$ は略一定であり、複数の直列共振器 S 1 から S 4 の各々の互いの挿入幅 $W U 1$ および $W L 1$ は略等しい。並列共振器 P 1 から P 4 の各々の挿入幅 $W U 2$ および $W L 2$ は略一定であり、複数の並列共振器 P 1 から P 4 の各々の互いの挿入幅 $W U 2$ および $W L 2$ は略等しい。これにより、直列共振器 S 1 から S 4 をほぼ同じ特性とし、並列共振器 P 1 から P 4 をほぼ同じ特性とすることができる。なお、挿入幅が略一定であり、略等しいとは、例えば $\pm 1/16$ の範囲のばらつきを許容し、 $\pm 1/32$ の範囲のばらつきを許容する。

30

【 0 0 5 1 】

直列共振器 S 1 から S 4 の挿入幅 $W U 1$ および $W L 1$ を $W 1$ とし、並列共振器 P 1 から P 4 の挿入幅 $W U 2$ および $W L 2$ を $W 2$ とする。N を自然数としたとき、 $N \times 1/2 - 1/8 < |W 1 - W 2| < N \times 1/2 + 1/8$ とする。これにより、 $W 1$ と $W 2$ とはほぼ $1/2 \times N$ となる。よって、直列共振器 S 1 から S 4 と並列共振器 P 1 から P 4 との Q 値を同程度とし、直列共振器 S 1 から S 4 と並列共振器 P 1 から P 4 との電気機械結合係数 k^2 を異ならせることができる。これにより、フィルタ特性を所望の特性とすることができる。

40

【 0 0 5 2 】

共振領域 5 0 に主に励振される厚み縦振動モードの弾性波の波長は、積層膜 1 8 の厚さ $\times 2$ である。積層膜 1 8 の厚さはほとんど下部電極 1 2、圧電膜 1 4 および上部電極 1 6 の厚さの合計である。弾性波の波長 λ を直列共振器 S 1 から S 4 と並列共振器 P 1 から P 4 との弾性波の波長の平均とする。このとき、 λ は、直列共振器 S 1 から S 4 の共振領域 5 0 における下部電極 1 2、圧電膜 1 4 および上部電極 1 6 の合計の厚さと並列共振器 P 1 から P 4 の共振領域 5 0 における下部電極 1 2、圧電膜 1 4 および上部電極 1 6 の合計の厚さとの和となる。

50

【 0 0 5 3 】

$W 1 - W 2$ としては、 $N \times \quad / 2 - \quad / 1 6 < | W 1 - W 2 | < N \times \quad / 2 + \quad / 1 6$ がより好ましい。

【 0 0 5 4 】

図 3 から図 4 (b) のように、最初の Q 値のピークはほぼ $0 . 7$ である、そこで、 $0 . 7 + N \times \quad / 2 - \quad / 8 < W 1 < 0 . 7 + N \times \quad / 2 + \quad / 8$ かつ $0 . 7 + N \times \quad / 2 - \quad / 8 < W 2 < 0 . 7 + N \times \quad / 2 + \quad / 8$ とする。これにより、直列共振器 S 1 から S 4 および並列共振器 P 1 から P 4 の Q 値を高くできる。よって、通過帯域の損失を抑制できる。 $0 . 7 + N \times \quad / 2 - \quad / 1 6 < W 1 < 0 . 7 + N \times \quad / 2 + \quad / 1 6$ かつ $0 . 7 + N \times \quad / 2 - \quad / 1 6 < W 2 < 0 . 7 + N \times \quad / 2 + \quad / 1 6$ が好ましい。

10

【 0 0 5 5 】

[実施例 1 の変形例 1]

図 9 (a) および図 9 (b) は、実施例 1 の変形例 1 における直列共振器および並列共振器の共振領域と挿入膜の平面図である。図 9 (a) に示すように、直列共振器 S 1 から S 4 では、挿入幅 W U 1 は W L 1 より広い。図 9 (b) に示すように、並列共振器 P 1 から P 4 では、挿入幅 W U 2 は W L 2 より広い。その他の構成は実施例 1 と同じであり説明を省略する。

【 0 0 5 6 】

一例として、 $W U 1 = 3 . 2 \mu m$ 、 $W L 1 = 2 . 6 \mu m$ 、 $W U 2 = 6 . 8 \mu m$ 、 $W L 2 = 6 . 2 \mu m$ である。 $W U 2 - W U 1 = W L 2 - W L 1 = 3 . 6 \mu m$ であり、ほぼ である。図 3 から図 4 (b) のように、領域 5 6 U と 5 6 L とで Q 値がピークとなる導入幅が少しずれることがある。これは、領域 5 6 L と 5 6 U とで共振領域 5 0 の外周 5 1 の構造が異なるためである。例えば図 2 (a) から図 2 (d) では、領域 5 6 U では圧電膜 1 4 は共振領域 5 0 の外周に端面を有していないが、領域 5 6 L では圧電膜 1 4 は共振領域 5 0 の外周付近に端面を有している。

20

【 0 0 5 7 】

このような場合、直列共振器 S 1 から S 4 の各々における W U 1 (第 1 上部電極引き出し領域における第 1 幅) と W L 1 (第 1 下部電極引き出し領域における第 1 幅) とを異ならせ、並列共振器 P 1 から P 4 の各々における W U 2 (第 2 上部電極引き出し領域における第 2 幅) と W L 2 (第 2 下部電極引き出し領域における第 2 幅) とを異ならせる。直列共振器 S 1 から S 4 の互いの W U 1 は略等しく、W L 1 は略等しいことが好ましく、並列共振器 P 1 から P 4 の互いの W U 2 は略等しく、W L 2 は略等しいことが好ましい。

30

【 0 0 5 8 】

また、 $N \times \quad / 2 - \quad / 8 < | W L 1 - W L 2 | < N \times \quad / 2 + \quad / 8$ かつ $N \times \quad / 2 - \quad / 8 < | W U 1 - W U 2 | < N \times \quad / 2 + \quad / 8$ とする。直列共振器 S 1 から S 4 と並列共振器 P 1 から P 4 との Q 値を同程度とし、直列共振器 S 1 から S 4 と並列共振器 P 1 から P 4 との電気機械結合係数 k^2 を異ならせることができる。 $N \times \quad / 2 - \quad / 1 6 < | W L 1 - W L 2 | < N \times \quad / 2 + \quad / 1 6$ かつ $N \times \quad / 2 - \quad / 1 6 < | W U 1 - W U 2 | < N \times \quad / 2 + \quad / 1 6$ が好ましい。

40

【 0 0 5 9 】

同一基板 1 0 上に直列共振器 S 1 から S 4 および並列共振器 P 1 から P 4 を形成すると、直列共振器 S 1 から S 4 および並列共振器 P 1 から P 4 の圧電膜 1 4 は同じ圧電材料からなり、圧電膜 1 4 の厚さは製造誤差程度に略等しくなる。また、直列共振器 S 1 から S 4 および並列共振器 P 1 から P 4 の挿入膜 2 8 は同じ材料からなり、挿入膜 2 8 の厚さは製造誤差程度に略等しくなる。これにより、W U 1 と W U 2 との差をほぼ $/ 2 \times N$ とし、W L 1 と W L 2 との差をほぼ $/ 2 \times N$ とすることで、直列共振器 S 1 から S 4 と並列共振器 P 1 から P 4 との Q 値をほぼ同程度とすることができる。

【 0 0 6 0 】

また、直列共振器 S 1 から S 4 および並列共振器 P 1 から P 4 の下部電極 1 2 は同じ金

50

属材料からなり、下部電極 1 2 の厚さは製造誤差程度に略等しくなる。直列共振器 S 1 から S 4 および並列共振器 P 1 から P 4 の上部電極 1 6 は同じ金属材料からなり、上部電極 1 6 の厚さは製造誤差程度に略等しくなる。

【 0 0 6 1 】

図 1 0 (a) から図 1 1 (d) は、実施例 1 の変形例 2 から 9 における圧電薄膜共振器を示す断面図である。図 1 0 (a) に示すように、実施例 1 の変形例 2 では、挿入膜 2 8 は圧電膜 1 4 と上部電極 1 6 との間に設けられている。その他の構成は実施例 1 と同じであり説明を省略する。図 1 0 (b) のように、実施例 1 の変形例 3 では、挿入膜 2 8 は領域 5 6 U に設けられ、領域 5 6 L に設けられていない。その他の構成は実施例 1 の変形例 2 と同じであり説明を省略する。

10

【 0 0 6 2 】

図 1 0 (c) に示すように、実施例 1 の変形例 4 では、挿入膜 2 8 は下部電極 1 2 と圧電膜 1 4 との間に設けられている。その他の構成は実施例 1 と同じであり説明を省略する。図 1 0 (d) のように、実施例 1 の変形例 5 では、挿入膜 2 8 は領域 5 6 U に設けられ、領域 5 6 L に設けられていない。その他の構成は実施例 1 の変形例 4 と同じであり説明を省略する。

【 0 0 6 3 】

図 1 1 (a) に示すように、実施例 1 の変形例 6 では、挿入膜 2 8 は下部圧電膜 1 4 a と上部圧電膜 1 4 b との間および圧電膜 1 4 と上部電極 1 6 との間に 2 層設けられている。その他の構成は実施例 1 と同じであり説明を省略する。図 1 1 (b) のように、実施例 1 の変形例 7 では、挿入膜 2 8 は領域 5 6 U に設けられ、領域 5 6 L に設けられていない。その他の構成は実施例 1 の変形例 6 と同じであり説明を省略する。

20

【 0 0 6 4 】

図 1 1 (c) に示すように、実施例 1 の変形例 8 では、挿入膜 2 8 は下部圧電膜 1 4 a と上部圧電膜 1 4 b との間および下部電極 1 2 と圧電膜 1 4 との間に 2 層設けられている。その他の構成は実施例 1 と同じであり説明を省略する。図 1 1 (d) のように、実施例 1 の変形例 9 では、挿入膜 2 8 は領域 5 6 U に設けられ、領域 5 6 L に設けられていない。その他の構成は実施例 1 の変形例 8 と同じであり説明を省略する。

【 0 0 6 5 】

実施例 1 の変形例 2 および 5 のように、1 または複数の挿入膜 2 8 は下部電極 1 2 と上部電極 1 6 との間のいずれかに設けられていればよい。

30

【 0 0 6 6 】

実施例 1 の変形例 3、5、7 および 9 のように、挿入膜 2 8 は、中央領域 5 4 を囲む少なくとも一部に設けられていればよい。領域 5 6 L に挿入膜 2 8 が設けられていない場合、圧電膜 1 4 の端面は上部電極 1 6 の端面より内側に位置することが好ましい。これにより、Q 値を向上できる。

【 0 0 6 7 】

実施例 1 の変形例 6 から 9 のように、挿入膜 2 8 は圧電膜 1 4 の厚さ方向に 2 層以上設けられていてもよい。挿入膜 2 8 が 2 層以上設けられている場合、全ての挿入膜 2 8 が実施例 1 およびその変形例 1 で示した挿入幅の関係を有することが好ましいが、少なくとも 1 層が実施例 1 およびその変形例 1 で示した挿入幅の関係を有していればよい。

40

【 0 0 6 8 】

[実施例 1 の変形例 1 0]

図 1 2 (a) は、実施例 1 の変形例 1 0 における圧電薄膜共振器の断面図である。図 1 2 (a) に示すように、基板 1 0 の上面に窪みが形成されている。下部電極 1 2 は、基板 1 0 上に平坦に形成されている。これにより、空隙 3 0 が、基板 1 0 の窪みに形成されている。空隙 3 0 は共振領域 5 0 を含むように形成されている。その他の構成は、実施例 1 と同じであり説明を省略する。空隙 3 0 は、基板 1 0 を貫通するように形成されていてもよい。なお、下部電極 1 2 の下面に絶縁膜が接して形成されていてもよい。すなわち、空隙 3 0 は、基板 1 0 と下部電極 1 2 に接する絶縁膜との間に形成されていてもよい。絶縁

50

膜としては、例えば窒化アルミニウム膜を用いることができる。その他の構成は実施例 1 と同じであり説明を省略する。

【0069】

[実施例 1 の変形例 1 1]

図 1 2 (b) は、実施例 1 の変形例 1 1 における圧電薄膜共振器の断面図である。図 1 2 (b) に示すように、共振領域 5 0 の下部電極 1 2 下に音響反射膜 3 1 が形成されている。音響反射膜 3 1 は、音響インピーダンスの低い膜 3 0 a と音響インピーダンスの高い膜 3 0 b とが交互に設けられている。膜 3 0 a および 3 0 b の膜厚は例えばそれぞれほぼ $\lambda/4$ (λ は弾性波の波長) である。膜 3 0 a と膜 3 0 b の積層数は任意に設定できる。音響反射膜 3 1 は、音響特性の異なる少なくとも 2 種類の層が間隔をあけて積層されてい
ればよい。また、基板 1 0 が音響反射膜 3 1 の音響特性の異なる少なくとも 2 種類の層の
うちの 1 層であってもよい。例えば、音響反射膜 3 1 は、基板 1 0 中に音響インピーダ
ンスの異なる膜が一層設けられている構成でもよい。その他の構成は、実施例 1 と同じで
あり説明を省略する。

10

【0070】

実施例 1 およびその変形例 1 から 9 において、実施例 1 の変形例 1 0 と同様に空隙 3 0 を形成してもよく、実施例 1 の変形例 1 1 と同様に空隙 3 0 の代わりに音響反射膜 3 1 を形成してもよい。

【0071】

実施例 1 およびその変形例 1 から 1 0 のように、圧電薄膜共振器は、共振領域 5 0 において空隙 3 0 が基板 1 0 と下部電極 1 2 との間に形成されている F B A R (Film Bulk Acoustic Resonator) でもよい。また、実施例 1 の変形例 1 1 のように、圧電薄膜共振器は、共振領域 5 0 において下部電極 1 2 下に圧電膜 1 4 を伝搬する弾性波を反射する音響反射膜 3 1 を備える S M R (Solidly Mounted Resonator) でもよい。共振領域 5 0 を含む音響反射層は、空隙 3 0 または音響反射膜 3 1 を含めばよい。

20

【0072】

共振領域 5 0 が楕円形状の例を説明したが、他の形状でもよい。例えば、共振領域 5 0 は、四角形または五角形等の多角形でもよい。

【実施例 2】

【0073】

実施例 2 は、実施例 1 およびその変形例のフィルタを用いたデュプレクサの例である。図 1 3 は、実施例 2 に係るデュプレクサの回路図である。図 1 3 に示すように、共通端子 A n t と送信端子 T x との間に送信フィルタ 4 0 が接続されている。共通端子 A n t と受信端子 R x との間に受信フィルタ 4 2 が接続されている。送信フィルタ 4 0 は、送信端子 T x から入力された信号のうち送信帯域の信号を送信信号として共通端子 A n t に通過させ、他の周波数の信号を抑圧する。受信フィルタ 4 2 は、共通端子 A n t から入力された信号のうち受信帯域の信号を受信信号として受信端子 R x に通過させ、他の周波数の信号を抑圧する。送信フィルタ 4 0 および受信フィルタ 4 2 の少なくとも一方を実施例 1 およびその変形例のフィルタとすることができる。

30

【0074】

マルチプレクサとしてデュプレクサを例に説明したがトリプレクサまたはクワッドプレクサでもよい。

40

【0075】

以上、本発明の実施例について詳述したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【符号の説明】

【0076】

1 0 基板

1 2 下部電極

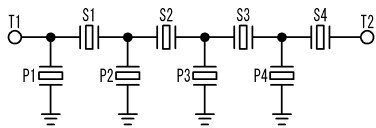
50

- 1 4 圧電膜
- 1 4 a 下部圧電膜
- 1 4 b 上部圧電膜
- 1 6 上部電極
- 2 4 周波数調整膜
- 2 8 挿入膜
- 3 0 空隙
- 3 1 音響反射膜
- 4 0 送信フィルタ
- 4 2 受信フィルタ
- 5 0 共振領域
- 5 2 外周領域
- 5 4 中央領域
- 5 6 U、5 6 L 領域

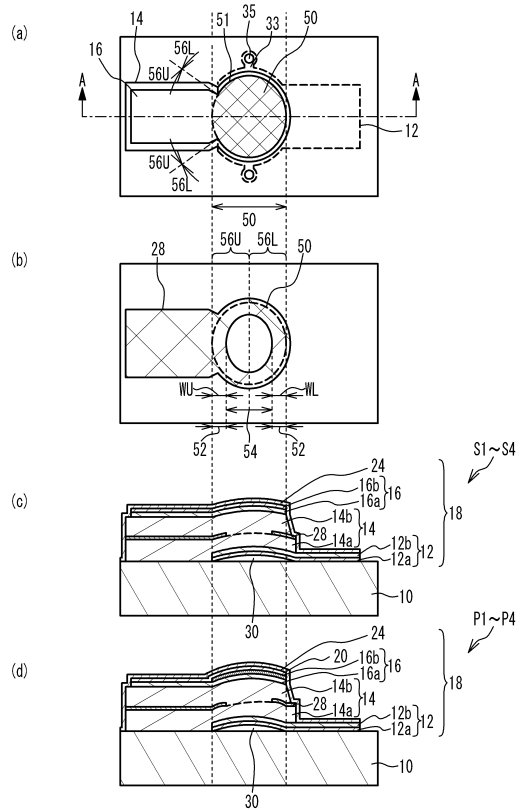
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



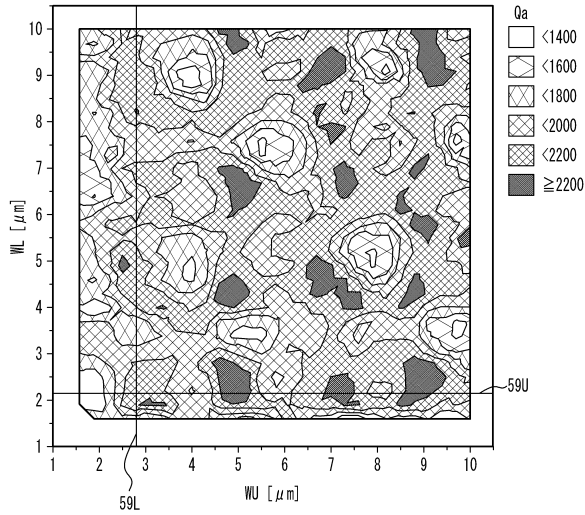
20

30

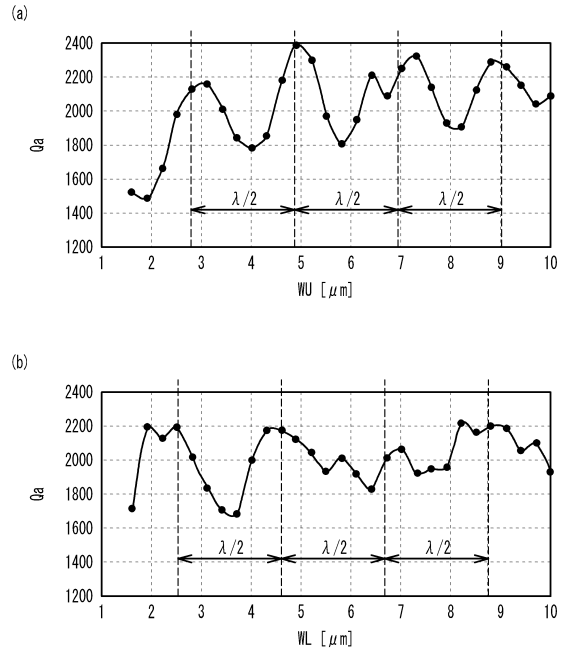
40

50

【 図 3 】



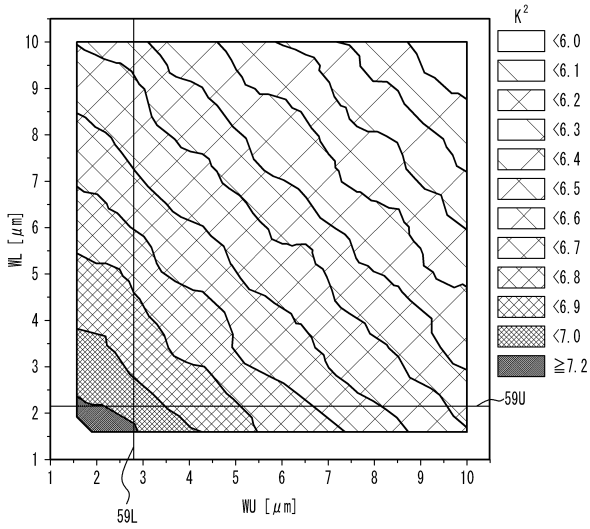
【 図 4 】



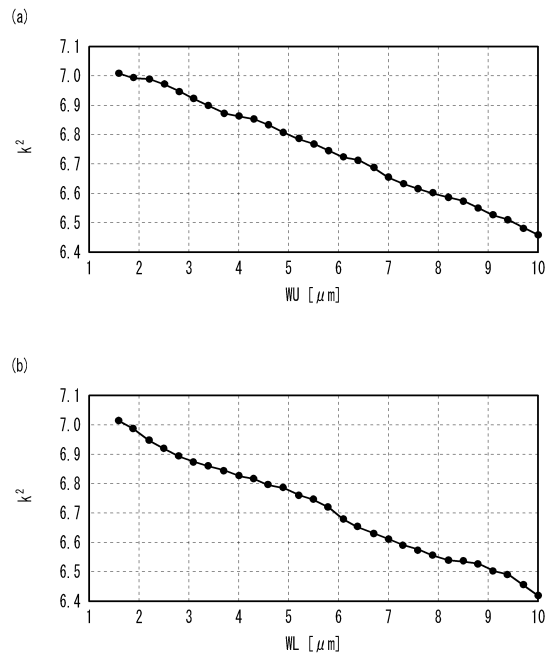
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

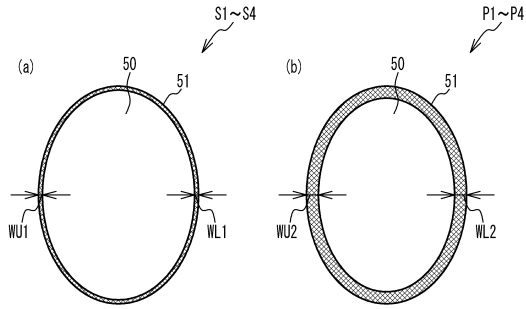


30

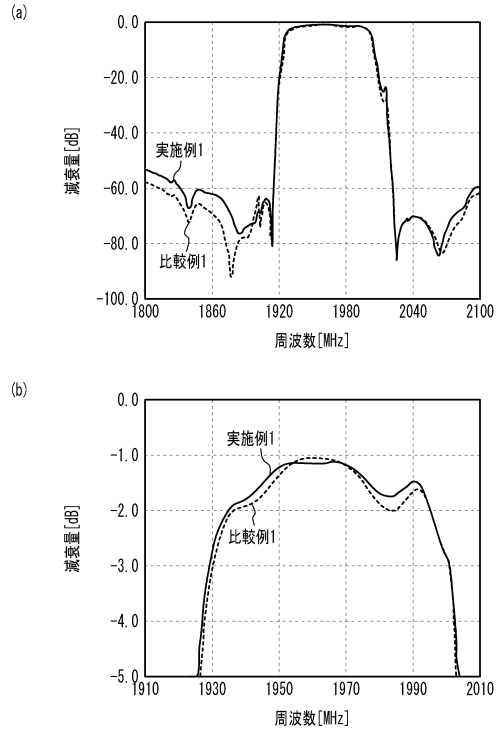
40

50

【図7】



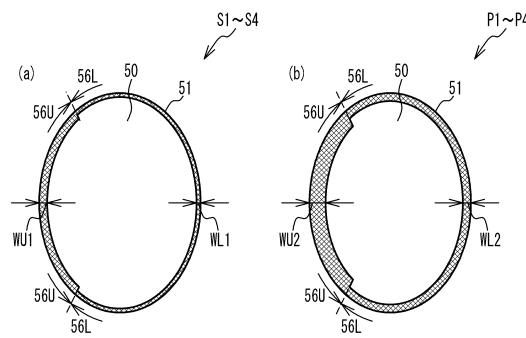
【図8】



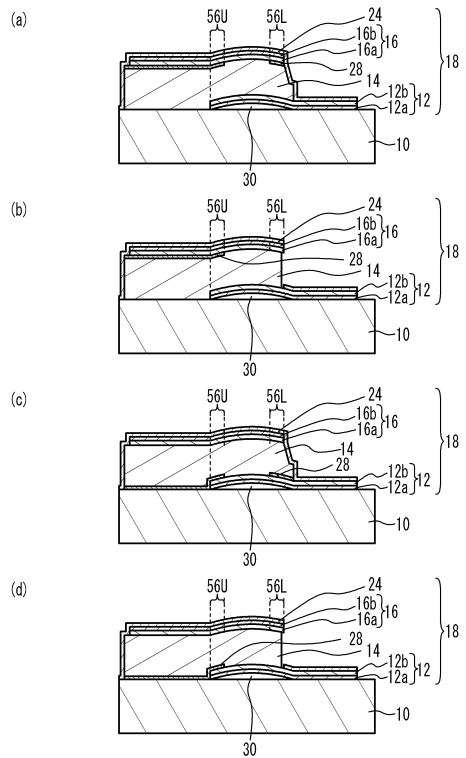
10

20

【図9】



【図10】

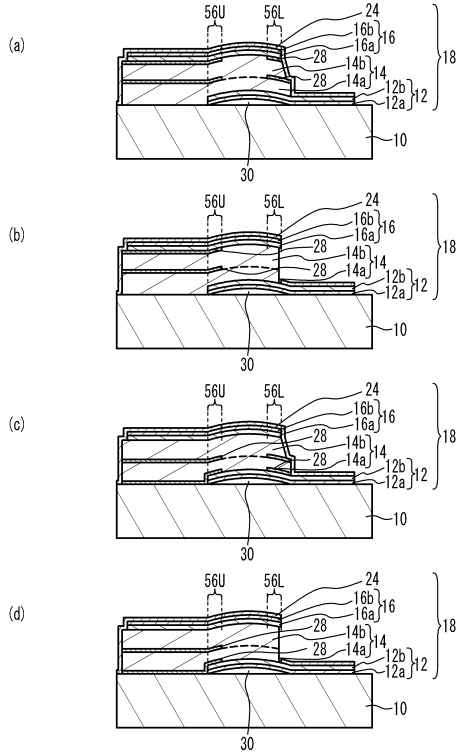


30

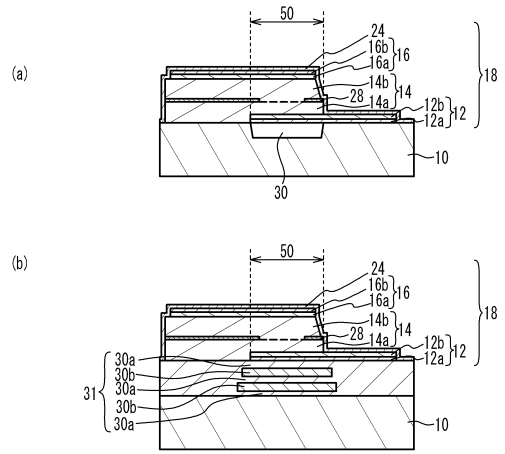
40

50

【図 1 1】



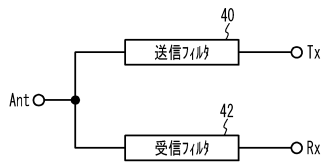
【図 1 2】



10

20

【図 1 3】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2016-029766(JP,A)
特開2015-095729(JP,A)
特開2018-026735(JP,A)
特開2015-099988(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H03B5/30-5/42
H03H3/007-3/06
9/00-9/135
9/15-9/24
9/30-9/40
9/46-9/62
9/66
9/70
9/74
H10N30/00-39/00