

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6877447号
(P6877447)

(45) 発行日 令和3年5月26日(2021.5.26)

(24) 登録日 令和3年4月30日(2021.4.30)

(51) Int.Cl.

H03H 9/25 (2006.01)
H03H 3/08 (2006.01)

F 1

H03H 9/25
H03H 3/08

C

請求項の数 21 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2018-539290 (P2018-539290)
 (86) (22) 出願日 平成29年1月25日 (2017.1.25)
 (65) 公表番号 特表2019-507546 (P2019-507546A)
 (43) 公表日 平成31年3月14日 (2019.3.14)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2017/014806
 (87) 國際公開番号 WO2017/132183
 (87) 國際公開日 平成29年8月3日 (2017.8.3)
 審査請求日 令和1年12月10日 (2019.12.10)
 (31) 優先権主張番号 62/288,018
 (32) 優先日 平成28年1月28日 (2016.1.28)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
 (31) 優先権主張番号 15/086,895
 (32) 優先日 平成28年3月31日 (2016.3.31)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 517090646
コーポ 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 2
7409, グリーンズボロ、ゾーンダイク
ロード 7628
 (74) 代理人 100140109
弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100118902
弁理士 山本 修
 (74) 代理人 100106208
弁理士 宮前 勲
 (74) 代理人 100120112
弁理士 中西 基晴
 (74) 代理人 100162846
弁理士 大牧 純子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】石英基板上に圧電層を含む弾性表面波デバイス及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

石英キャリア基板、

前記石英キャリア基板の表面上の圧電層であって、前記圧電層は、0度から60度の間の結晶y軸の回転角を有し、前記圧電層の結晶x軸に沿った伝搬方向を有するタンタル酸リチウムから形成される、圧電層、及び

前記石英キャリア基板に対向する前記圧電層の表面上に少なくとも1つの交差指電極、を備え、前記少なくとも1つの交差指電極の弾性表面波の伝搬方向は、前記石英キャリア基板の結晶z軸または-z軸に関して10度未満の角度を形成する、弾性表面波(SAW)デバイス。

10

【請求項2】

前記圧電層の厚さは、前記少なくとも1つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の4倍未満である、請求項1に記載のSAWデバイス。

【請求項3】

前記圧電層の厚さは、前記少なくとも1つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の2倍未満である、請求項1に記載のSAWデバイス。

【請求項4】

前記SAWデバイスは少なくとも1つのSAW共振子を備える、請求項1に記載のSAWデバイス。

【請求項5】

20

前記圧電層の厚さは、前記少なくとも1つの交差指電極のトランステューサ電極周期の60%未満である、請求項1に記載のSAWデバイス。

【請求項6】

前記石英キャリア基板の法線は、前記石英キャリア基板の結晶x軸またはy軸沿いに配向される、請求項5に記載のSAWデバイス。

【請求項7】

前記圧電層の前記厚さは、前記少なくとも1つの交差指電極の前記トランステューサ電極周期の30%から50%の間にある、請求項6に記載のSAWデバイス。

【請求項8】

前記石英キャリア基板の法線は、前記石英キャリア基板の結晶x軸に関して30度から10
55度の間の角度を形成する、請求項5に記載のSAWデバイス。

【請求項9】

前記圧電層の前記厚さは、前記少なくとも1つの交差指電極の前記トランステューサ電極周期の20%から40%の間にある、請求項8に記載のSAWデバイス。

【請求項10】

前記石英キャリア基板と前記圧電層との間の前記石英キャリア基板の前記表面上に1層以上
の追加の層をさらに含む、請求項1に記載のSAWデバイス。

【請求項11】

前記1層以上の追加の層は、1層以上の誘電体層を含む、請求項10に記載のSAWデ
バイス。

20

【請求項12】

前記1層以上の誘電体層は、少なくとも1層の酸化ケイ素を含む、請求項11に記載の
SAWデバイス。

【請求項13】

前記少なくとも1つの交差指電極は、1層以上の誘電体層内側に埋め込まれる、請求項
1に記載のSAWデバイス。

【請求項14】

前記1層以上の誘電体層は、酸化ケイ素を含む、請求項13に記載のSAWデバイス。

【請求項15】

前記圧電層に対向する前記少なくとも1つの交差指電極の表面上に1層以上の誘電体層
をさらに含む、請求項1に記載のSAWデバイス。

30

【請求項16】

前記石英キャリア基板と前記圧電層との間の前記石英キャリア基板の前記表面上に少な
くとも1層の酸化ケイ素をさらに含み、そこで前記少なくとも1層の酸化ケイ素は、前記
石英キャリア基板の温度感度を低下させるようにドーピングされる、請求項1に記載の
SAWデバイス。

【請求項17】

前記少なくとも1層の酸化ケイ素は、フッ化物またはホウ素原子を含むドーパントによ
りドーピングされる、請求項16に記載のSAWデバイス。

【請求項18】

石英キャリア基板、

前記石英キャリア基板の表面上の圧電層であって、前記圧電層は、0度から60度の間
の結晶のy軸の回転角を有し、前記圧電層の結晶のx軸沿いの伝搬方向を有するタンタル
酸リチウムから形成される、圧電層、及び

前記石英キャリア基板に対向する前記圧電層の表面上の少なくとも1つの交差指電極、
を含む、弾性表面波(SAW)共振子、

を備え、前記少なくとも1つの交差指電極の弾性表面波の伝搬方向は、前記石英キャリア
基板の結晶z軸または-z軸に関して10度未満の角度を形成する、フィルタリング回路
。

【請求項19】

40

50

石英キャリア基板を提供し、

前記石英キャリア基板の表面上に圧電層を提供し、前記圧電層は、0度から60度の間の結晶のy軸の回転角を有し、前記圧電層の結晶のx軸沿いの伝搬方向を有するタンタル酸リチウムから形成される、圧電層を提供し、

前記石英キャリア基板に対向する前記圧電層の表面上に少なくとも1つの交差指電極を提供する、

ことを備え、前記少なくとも1つの交差指電極の弾性表面波の伝搬方向は、前記石英キャリア基板の結晶z軸または-z軸に関して10度未満の角度を形成する、弾性表面波(SAW)デバイスを製造する方法。

【請求項20】

10

石英キャリア基板、

前記石英キャリア基板の表面上の圧電層であって、前記圧電層は、0度から60度の間の結晶のy軸の回転角を有し、前記圧電層の結晶のx軸沿いの伝搬方向を有するタンタル酸リチウムから形成される、圧電層、及び

前記石英キャリア基板に対向する前記圧電層の表面上の少なくとも1つの交差指電極、を備え、前記圧電層の結晶x軸は、前記石英キャリア基板の結晶z軸とアライメントを取る、弾性表面波(SAW)デバイス。

【請求項21】

前記石英キャリア基板内のバルクカットオフ周波数が前記SAWデバイスの共振周波数よりも高い、請求項20に記載のSAWデバイス。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、弾性表面波(SAW)デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

弾性表面波(SAW)共振子、及びSAWフィルタなどの、SAWデバイスは、高周波(RF)フィルタなどの多くのアプリケーションにおいて使用される。たとえば、SAWフィルタは、第2世代(2G)、第3世代(3G)、及び第4世代(4G)無線受信器のフロントエンド、デュプレクサ、及び受信フィルタにおいて一般に使用される。SAWフィルタの普及は、SAWフィルタが良好な除去により低い挿入損失を示し、広帯域幅を達成することが可能であり、従来のキャビティ及びセラミックフィルタの大きさのごく一部である、という事実に少なくとも部分的に起因する。任意の電子機器と同様に、SAWデバイスの性能は、システムの全体的な性能に影響を与えることが可能である重要なパラメータである。この点について、高性能のSAWデバイスが必要とされる。

30

【発明の概要】

【0003】

弾性表面波(SAW)デバイス及びその製造方法の実施形態を開示する。いくつかの実施形態において、SAWデバイスは、石英キャリア基板、この石英キャリア基板の表面上に圧電層、及び石英キャリア基板に対向する圧電層の表面上に少なくとも1つの交差指電極を含む。特に、本明細書に使用されるように、「石英」は、非晶質である、溶融シリカ(ときには溶融シリカ石英と称される)とは対照的に単結晶石英である。いくつかの実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも1つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の4倍未満である。他の実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも1つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の2倍未満である。キャリア基板上に圧電層を使用することは、バルク(すなわち、基板)内への音響放射を抑制することにより、SAWデバイスの性能を向上させる。さらに、キャリア基板に石英を利用することにより、わずかな粘性損失、わずかな誘電率、及びわずかな温度感度のさらなる利点を達成する。さらに、ケイ素と比較されるように、キャリア基板への石英の使用は、抵抗損失をなくす。

40

【0004】

50

いくつかの実施形態において、少なくとも1つの交差指電極の伝搬方向は、石英キャリア基板の水晶振動子の z 軸または $-z$ 軸に関して10度未満の角度を形成する。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層は、タンタル酸リチウム(LiTaO_3)（ときには本明細書において「LT」と称される）から形成され、このタンタル酸リチウムは、たとえば、水晶振動子の z 軸とLT結晶の x 軸のアライメントを取るように結合することにより可能である、Yから $Y + 60$ 度の間の配向、及びLT結晶の x 軸沿いの伝搬を有する。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも1つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の60%未満である。

【0005】

いくつかの実施形態において、石英キャリア基板の法線は、石英キャリア基板の水晶振動子の x 軸または y 軸沿いに配向される。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも1つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の30%から50%の間にある。

【0006】

他の実施形態において、石英キャリア基板の法線は、石英キャリア基板の水晶振動子の x 軸に関して30度から55度の間の角度を形成する。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも1つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の20%から40%の間にある。

【0007】

いくつかの実施形態において、圧電層は、Yから $Y + 60$ 度の間の配向を有するLTから形成される。他の実施形態において、圧電層は、 $Y - 20$ 度から $Y + 60$ 度の間の配向を有するニオブ酸リチウム(LiNbO_3)から形成される。

【0008】

いくつかの実施形態において、SAWデバイスは、石英キャリア基板と圧電層との間の石英キャリア基板の表面上に1層以上の追加の層をさらに含む。さらに、いくつかの実施形態において、1層以上の追加の層は、1層以上の誘電体層を含む。いくつかの実施形態において、1層以上の誘電体層は、少なくとも1層の酸化ケイ素を含む。

【0009】

いくつかの実施形態において、少なくとも1つの交差指電極は、1層以上の誘電体層の内側に埋め込まれる。いくつかの実施形態において、1層以上の誘電体層は、酸化ケイ素を含む。

【0010】

いくつかの実施形態において、SAWデバイスは、圧電層に対向する少なくとも1つの交差指電極の表面上に1層以上の誘電体層をさらに含む。

【0011】

いくつかの実施形態において、SAWデバイスは、石英キャリア基板と圧電層との間の石英キャリア基板の表面上に少なくとも1層の酸化ケイ素をさらに含み、そこで少なくとも1層の酸化ケイ素は、その温度感度を低下させるようにドーピングされる。いくつかの実施形態において、少なくとも1層の酸化ケイ素は、フッ化物またはホウ素原子を含有するドーパントによりドーピングされる。

【0012】

いくつかの実施形態において、SAWデバイスは、SAW共振子である。

【0013】

またフィルタリング回路の実施形態を開示する。一般に、フィルタリング回路は、上記の実施形態のうちのいずれかに従い1つ以上のSAWフィルタを含む。

【0014】

いくつかの実施形態において、フィルタリング回路は、石英キャリア基板、石英キャリア基板の表面上に圧電層、及び石英キャリア基板に対向する圧電層の表面上に少なくとも1つの交差指電極を含むSAW共振子を備える。いくつかの実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも1つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の4倍未満である。他

10

20

30

40

50

の実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも 1 つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の 2 倍未満である。

【 0 0 1 5 】

いくつかの実施形態において、フィルタリング回路は、ラダー型フィルタを含み、このラダー型フィルタは、石英キャリア基板と、石英キャリア基板の表面上に圧電層と、石英キャリア基板に対向する圧電層の表面上に少なくとも 1 つの交差指電極とを各含む複数の SAW 共振子を備える。いくつかの実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも 1 つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の 4 倍未満である。他の実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも 1 つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の 2 倍未満である。

10

【 0 0 1 6 】

いくつかの実施形態において、フィルタリング回路は、2 つのグレーティング間に複数のトランスデューサを関連付けることにより形成される石英キャリア基板、石英キャリア基板の表面上に圧電層、及び石英キャリア基板に対向する圧電層の表面上に少なくとも 1 つの交差指電極を各含む複数の SAW 共振子を備える結合型共振子フィルタ (C R F) を含む。いくつかの実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも 1 つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の 4 倍未満である。他の実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも 1 つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の 2 倍未満である。いくつかの実施形態において、フィルタリング回路は、C R F を含む、少なくとも 1 つの C R F のカスケード、及び直列に、または並列に接続される少なくとも 1 つの追加の SAW 共振子をさらに備える。

20

【 0 0 1 7 】

また SAW デバイスを製造する方法の実施形態を開示する。いくつかの実施形態において、SAW デバイスを製造する方法は、石英キャリア基板を提供し、石英キャリア基板の表面上に圧電層を提供し、石英キャリア基板に対向する圧電層の表面上に少なくとも 1 つの交差指電極を提供することを備える。いくつかの実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも 1 つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の 4 倍未満である。他の実施形態において、圧電層の厚さは、少なくとも 1 つの交差指電極のトランスデューサ電極周期の 2 倍未満である。

【 0 0 1 8 】

30

いくつかの実施形態において、石英キャリア基板の表面上に圧電層を提供することは、石英キャリア基板の表面上に圧電材料を付着させ、圧電材料を加工して圧電層の所望の厚さへ圧電材料の厚さを減少させることにより、圧電層を提供することを備える。

【 0 0 1 9 】

いくつかの実施形態において、石英キャリア基板の表面上に圧電層を提供することは、圧電材料の表面内へのイオン注入を実行することにより、圧電材料の損傷部分を形成し、石英キャリア基板の表面上に圧電材料を付着させ、圧電材料を加工して圧電材料の損傷部分を除去することにより、圧電層を提供することを備える。

【 0 0 2 0 】

いくつかの実施形態において、方法は、石英キャリア基板と圧電層と間の石英キャリア基板の表面上に 1 層以上の追加の層を提供することをさらに備える。

40

【 0 0 2 1 】

当業者は、本開示の範囲を理解し、添付の描写する図面と関連付けて、以下の発明を実施するための形態を読解した後に、その追加の態様を実現するであろう。

【 0 0 2 2 】

本明細書の一部に援用され、これを形成する添付の描写する図面は、本開示のいくつかの態様を図示し、説明と併せて、本開示の原理を説明するために役立つ。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 3 】

【 図 1 】弾性表面波 (SAW) 交差指電極の原理を示す図である。

50

【図2】S A W共振子の図である。

【図3】S A W共振子についてのインピーダンス(Z)の実施例を示すプロットである。

【図4】ラダー型フィルタの原理を示す概略図である。

【図5】共振子によりカスケード接続される、結合型共振子フィルタの実施例を示す図である。

【図6】キャリア基板、圧電膜、及び任意選択で誘電体層を使用するS A Wデバイスを示す図である。

【図7】本開示のいくつかの実施形態に従い、石英キャリア基板、圧電膜 / 層、及び任意選択で1層以上の誘電体層を含むS A Wデバイスを示す図である。

【図8】石英のY + 36度に関するタンタル酸リチウム(L i T a O₃) (ときには本明細書において「LT」と称される)のY + 42度についてのアドミタンス及びコンダクタンスを示すプロットである。

【図9】石英のY + 36度に関するLTのY + 42度についてのアドミタンス及びコンダクタンスを示すプロットである。

【図10】XY平面内の石英に関するバルク弾性モード(単位、10⁻⁴秒 / メートル(s / m))についてのスローネス曲線を示すプロットである。

【図11】XZ平面内の石英に関するバルク弾性モード(単位、10⁻⁴ s / m)についてのスローネス曲線を示すプロットである。

【図12】YZ平面内の石英に関するバルク弾性モード(単位、10⁻⁴ s / m)についてのスローネス曲線を示すプロットである。

【図13】Yカット、Z伝搬にカットされる石英に関してLTのY + 42度についてのアドミタンス及びコンダクタンスを示すプロットである。

【図14】石英Z X I t e t aのキャリア基板上に配向Y X I 42を有するLTの膜についての結合係数の変化を示すプロットであり、そこでx軸は、キャリア基板角度であり、y軸は、波長内のLT膜厚さである。

【図15】石英Z X I t e t aのキャリア基板上に配向Y X I 42を有するLTの膜についての共振において周波数の温度係数の変化を示すプロットであり、そこでx軸は、キャリア基板角度であり、y軸は、波長内のLT膜厚さである。

【図16】石英Z X I t e t aのキャリア基板上に配向Y X I 42を有するLTの膜についての反共振において周波数の温度係数の変化を示すプロットであり、そこでx軸は、キャリア基板角度であり、y軸は、波長内のLT膜厚さである。

【図17A】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のS A Wデバイスを製造するプロセスの1つの実施例を示す。

【図17B】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のS A Wデバイスを製造するプロセスの1つの実施例を示す。

【図17C】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のS A Wデバイスを製造するプロセスの1つの実施例を示す。

【図17D】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のS A Wデバイスを製造するプロセスの1つの実施例を示す。

【図17E】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のS A Wデバイスを製造するプロセスの1つの実施例を示す。

【図17F】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のS A Wデバイスを製造するプロセスの1つの実施例を示す。

【図17G】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のS A Wデバイスを製造するプロセスの1つの実施例を示す。

【図18A】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のS A Wデバイスを製造するプロセスの別の実施例を示す。

【図18B】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のS A Wデバイスを製造するプロセスの別の実施例を示す。

【図18C】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のS A Wデバイスを製造するプロ

10

20

30

40

50

セスの別の実施例を示す。

【図18D】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のSAWデバイスを製造するプロセスの別の実施例を示す。

【図18E】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のSAWデバイスを製造するプロセスの別の実施例を示す。

【図18F】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のSAWデバイスを製造するプロセスの別の実施例を示す。

【図18G】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のSAWデバイスを製造するプロセスの別の実施例を示す。

【図18H】本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のSAWデバイスを製造するプロセスの別の実施例を示す。 10

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下に記載される実施形態は、当業者が実施形態を実施することを可能にするために必要な情報を表現し、実施形態を実施する最良なモードを図示する。添付の描写する図面に照らして下記の説明を読解すると、当業者は、本開示の概念を理解し、特に本明細書に指定されないこれらの概念の適用を認識するであろう。これらの概念及び適用が本開示の範囲、及び添付の特許請求の範囲内に入ることを理解するであろう。

【0025】

用語、第一、第二などがさまざまな要素を記述するために本明細書に使用されることができるが、これらの要素がこれらの用語により限定されるべきではないことを理解するであろう。これらの用語は、一方の要素を他方の要素から区別するためにのみ使用される。たとえば、本開示の範囲から逸脱することなく、第一要素は、第二要素と称されることが可能であり、同様に、第二要素は、第一要素と称されることが可能である。本明細書に使用されるように、用語「及び／または」は、関連した、列挙される項目のうちの1つ以上のいづれかの、及びすべての組み合わせを含む。 20

【0026】

一方の要素が他方の要素に「接続される」、若しくは「結合される」と称されるときには、それが残りの要素に直接に接続される、若しくは結合されることが可能である、または複数の介在要素が存在することも理解するであろう。対照的に、一方の要素が他方の要素へ「直接に接続される」、または「直接に結合される」と称されるときに、介在要素が存在しない。 30

【0027】

用語「上部の」、「下部の」、「基部の」、「中間の」、「中央の」、「最上部の」、及び同様のものがさまざまな要素を記述するために本明細書に使用されることができ、これらの要素がこれらの用語により限定されるべきではないことを理解するであろう。これらの用語は、一方の要素を他方から区別するためにのみ使用される。たとえば、本開示の範囲から逸脱することなく、第一要素は、「上部」要素と称されることが可能であり、同様に、第二要素は、これらの要素の相対的な位置に起因して「上部」要素と称されることが可能である。 40

【0028】

本明細書に使用される専門用語は、特定の実施形態のみを説明するためのものであり、本開示の制限であることを意図されない。本明細書に使用されるように、単数形「a」、「an」、及び「the」は、文脈が明確に別段に示さない限り、複数形をも含むことを意図される。本明細書に使用されるときに、用語「comprises(を含む)」、「comprising(を含むこと)」、「includes(を含む)」、及び／または「including(を含むこと)」が記載された特徴、整数、ステップ、操作、要素、及び／または構成要素の存在を明示するが、1つ以上の他の特徴、整数、ステップ、操作、要素、構成要素、及び／またはその群の存在または追加を排除しないことをさらに理解するであろう。 50

【0029】

別段に定義されない限り、本明細書に使用される、すべての用語（技術及び科学用語を含む）は、本開示が属する当業者により一般に理解されるものと同一の意味を有する。本明細書に明確にそのように定義されない限り、本明細書に使用される用語が本明細書及び関連技術の文脈にそれらの意味と一貫している意味を有すると解釈されるべきであり、理想化された意味、または過度に形式的な意味に解釈されないであろうことをさらに理解するであろう。

【0030】

水平せん断波を使用する高周波（R F）弹性表面波（S A W）デバイスについての損失の主な要因は、S A Wデバイスのバルク基板内の音響放射である。この放射を抑制する方式は、キャリア基板上に積層される、圧電膜または層を使用することである。本開示は、キャリア基板としての石英の使用に関連する。石英は、わずかな粘性損失、わずかな誘電率、及びわずかな温度感度の利点を提示する。また、ケイ素（S i）と比較して、この基板内の抵抗損失は、石英のために存在しない。いくつかの実施形態において、石英ウェハについて最適な配向を開示する。

10

【0031】

本開示の実施形態を記述する前に、S A Wデバイス及びいくつかの関連した問題の考察は、有益である。S A Wフィルタは、圧電基板の表面に音波の伝搬を使用する。図1は、S A W交差指電極（I D T）10の1つの実施例を示す。図示されるように、I D T 10は、圧電基板（示されない）の表面上に（たとえば、表面上に直接に）成膜する2つの交差指電極12-1及び12-2を含む。電圧は、2つの電極12-1と12-2との間に印加される。これは、2つの電極12-1と12-2との間に電界を、及び圧電効果によりS A Wの生成をもたらす。交番電位における電極シーケンスにより、2つの連続する周期についての電界は、反対方向のものである。これは、電極周期が音波長の半分であるときに、I D T 10がその最大効率を有することを意味する。

20

【0032】

図2は、S A W共振子14の1つの実施例を示す。S A W共振子14は、図2においてグラウンドへ接続される、2つのグレーティング18-1と18-2との間に挿入されるI D T 16を含む。2つのグレーティング18-1及び18-2は、反射器として作用し、（音響）キャビティを画定する。

30

【0033】

図3は、共振子インピーダンスの実施例（すなわち、たとえば、図2のS A W共振子14などの、S A W共振子の1つの実施例のインピーダンス）を示す。図3は、対数目盛り、すなわち、プロットされるa b s（Z）ではないが、あるスケーリングファクタを有するその対数である。図3は、説明のためだけのものである。共振周波数において、S A W共振子のインピーダンスは、ゼロに近く、S A W共振子は、短絡として作用する。反共振周波数において、S A W共振子のインピーダンスは、非常に大きく、S A W共振子は、開回路として作用する。これらの特性を使用して、ラダー型フィルタを設計することが可能である。

40

【0034】

ラダー型フィルタ20の1つの実施例を図4に示す。示されるように、いくつかのS A W共振子22-1から22-7は、電気回路内側に接続される。一般に、ラダー型フィルタ20は、シャント共振子（すなわち、S A W共振子22-1、22-3、22-5、及び22-7）がラダー型フィルタ20の中心周波数に近い反共振周波数を有するように設計される。また、直列共振子（すなわち、図4の実施例において、S A W共振子22-2、22-4、及び22-6）は、ラダー型フィルタ20の中心周波数に近いそれらの共振周波数を有するように設計される。したがって、中心周波数において、シャント共振子は、開回路として作用し、直列共振子は、短絡として作用し、ラダー型フィルタ20の入力と出力との間に直接接続がある。それらの共振周波数において、シャント共振子は、短絡として作用し、通過帯域より下のラダー型フィルタ20の伝達関数においてノッチを生成

50

する。同様に、それらの反共振周波数において、直列共振子は、開回路として作用し、阻止帯域より上のノッチを生成する。明らかに、これは、概略的な説明のみであり、物理的なフィルタは、シャント共振子についていくつかの異なる周波数、及び直列共振子について反共振周波数を有することが多い。また、設計は、共振子の有効な共振周波数をシフトさせる、キャパシタンスまたはインダクタンスなどのいくつかの集中定数素子を含むことができる。また、図4に示されるフィルタは、シャント共振子により開始し（入力において）、終了する（出力において）。明らかに、これは、説明のためだけのものであり、直列共振子は、入力及び／または出力にも接続されることが可能である。

【0035】

ラダー型フィルタに加えて、いわゆる結合型共振子フィルタ（C R F）、またはダブルモード型S A Wフィルタ（D M S）を設計することが可能である。回路素子としてS A W共振子を使用する代替に、C R Fは、2つの反射型グレーティング間にいくつかのトランステューサを配置することにより設計される。図5に示される例示的なC R F 2 4において、3つのI D T 2 6 - 1から2 6 - 3は、2つの反射器2 8 - 1と2 8 - 2との間に配置される。中央のI D T 2 6 - 2は、入力信号に接続されるが、2つの外側のI D T 2 6 - 1及び2 6 - 3は、並列に接続される。2つの反射器2 8 - 1と2 8 - 2との間のキャビティは、いくつかの縦モードを有する。I D T 2 6 - 1から2 6 - 3の対称配置を選択することにより、対称的な縦モードのみを励振させる。このタイプのC R Fは、入力I D T 2 6 - 2を出力I D T 2 6 - 1及び2 6 - 3に結合するように、主に2つの縦モードを通常は使用する。通過帯域幅は、これら2つのモードの周波数差に比例する。結合係数は、フィルタを電気的に整合させる可能性を定める。ラダー型フィルタについてのよう、結合係数が大きいほど、相対的な帯域幅が広くなることを可能にする。図5の実施例において、C R Fステージの出力I D T 2 6 - 1及び2 6 - 3は、この実施例において、I D T 3 0及び反射器3 2 - 1及び3 2 - 2により、形成される直列共振子に接続される。

【0036】

さらに一般的に、1つまたはいくつかのC R Fステージは、いくつかのラダー型素子のうちの1つにカスケード接続されることが可能である。これらのラダー型素子は、直列またはシャント共振子であることが可能である。また、グレーティング間のトランステューサ数は、たとえば、2つから9つと同じくらい大きい数に変わることが可能である。それがよく知られているように、トランステューサ、それらの長さ、極性、及び周期間の間隔シフトは、デバイス性能に大きな影響を有する。

【0037】

いくつかのパラメータは、S A W共振子に重要である。1つの重要なパラメータは、反共振と共振周波数との間の割合に依存する、有効圧電結合係数である。より大きな結合係数を有するS A W共振子は、共振と反共振との間でより大きな周波数シフトを有し、広帯域フィルタを設計するために使用されることが可能である。結合係数は、選択された圧電基板に主に依存する。S A W共振子の別の重要なパラメータは、S A W共振子により設計されるフィルタの挿入損失、及びフィルタ応答の急峻性に影響を与える、共振子の品質係数（Q）である。この品質係数（Q）は、S A W共振子内の音響及び電気損失に主に依存する。

【0038】

また、S A W共振子の共振周波数は、S A Wの速度に比例する。温度が変化するときに、波の速度は、変化し、フィルタは、周波数においてシフトする。加えて、熱膨張により、コンポーネント寸法は、変化し、追加の周波数シフトにもつながる。S A Wフィルタは、一般的に1 0 0（摂氏1 0 0度）以上の範囲である温度範囲について周波数帯域を選択することが可能である必要がある。S A Wフィルタの中心周波数の大きな温度感度は、周波数内でシフトするフィルタ応答をもたらし、所与の温度範囲内の全体的な性能低下をもたらす。温度感度は、周波数温度係数（T C F）と一般的に称される、係数により測定される。ほとんどの材料は、温度が上昇するときに周波数が低下することを意味する、負のT C Fを有する。

10

20

30

40

50

【0039】

SAWフィルタについての基板選択は、デバイスの性能のために重要である。本明細書においてときにはLTと省略される、タンタル酸リチウム(LiTaO₃)から作製される基板を使用することは、一般的であり、このタンタル酸リチウムは、一般的にY+36度からY+50度の間の配向、及びLT結晶のX軸(すなわち、LTの結晶学上のX軸)沿いの伝搬を有する。平面への法線がtetaにより回転する軸Yであることを配向Y+teta、伝搬Xが意味し、そこで回転がX軸周囲で行われることに留意する。これらの基板上で、デバイスは、主に、いわゆる漏洩SAWまたは疑似SAWまたは水平せん断波を励振させている。これらの波と関連する機械的変位は、電極へ平行な方向に主にある。このタイプの波の利点は、デバイス周波数の比較的に良好な温度安定性を維持しながら、大きな電気音響結合を生成することである。同様に、X軸沿いの伝搬を有する、Y-20度からY+60度の間の配向を有する、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)の基板についてのフィルタを設計することも可能である。この事例において、同一のタイプの音波を励振させる。大きな結合係数を取得することが可能である。

10

【0040】

漏洩SAWを励振させるSAWデバイスを設計するときに、既知の問題は、SAW共振子について、悪い品質係数に変換し、SAWフィルタについて、急峻な周波数遷移、及び高い挿入損失を実現することが不可能であるように変換する、伝搬損失の存在である。これらの伝搬損失は、漏洩SAWの速度に近い速度におけるバルクモードの存在に起因する。これは、バルク内で音響エネルギーの放射または散乱をもたらす。

20

【0041】

このバルク放射を抑制する方式は、圧電層または膜と本明細書において称される、圧電材料の層がキャリア基板の表面上に(たとえば、表面上に直接に)結合される、または成膜する、層状基板を使用することである。キャリア基板38上に結合される、または成膜する、圧電層または膜36を含むSAWデバイス34の1つの実施例を図6に示す。図示されるように、SAWデバイス34は、キャリア基板38、キャリア基板38の表面上に(たとえば、表面上に直接に)任意選択で1層以上の誘電体層40、キャリア基板38に対向する1層以上の誘電体層40の表面上に圧電層36、及びキャリア基板38に対向する圧電層36の表面上に金属トランステューサまたはIDT42を含む。代替に、圧電層36がキャリア基板38の表面上に(たとえば、表面上に直接に)あるように誘電体層(複数可)40がない可能性がある。

30

【0042】

SAWの伝搬方向においてキャリア基板38のバルク波(BAW)速度が(疑似)SAWデバイス34の速度より高い場合に、つぎに音波エネルギーを圧電層36の内側にガイドすることが可能であり、バルク内の損失(すなわち、基板内の損失)は、打ち消されることが可能である。いくつかの中間層(たとえば、1層以上の誘電体層40)は、圧電層36とキャリア基板38との間に配置されることが可能である。これらの層は、音響ガイド若しくは圧電結合を改善するために使用されることが可能である、またはそれらは、このデバイスの製造プロセスのために必要とされる可能性がある。たとえば、このタイプのアプローチは、2002年9月3日に発行された、DEVICE WITH ACOUSTIC WAVES GUIDED IN A FINE PIEZOELECTRIC MATERIAL FILM BONDED WITH A MOLECULAR BONDING ON A BEARING SUBSTRATE AND METHOD FOR MAKING THE SAMEと題する、米国特許第6,445,265号と、2001年5月25日に発行された、DISPOSITIF A ONDES ACOUSTIQUES GUIDEES DANS UNE FINE COUCHE D'E MATERIAU PIEZOELECTRIQUE COLLEE PAR UNE COLLE MOLECULAIRE SUR UN SUBSTRAT PORTEUR ET PROCEDURE DE FABRICATIONと題する、仏特許第2788176号と、Solal, M. et al., 「Oriented Lithium

40

50

Niobate Layers Transferred on 4" [100] Silicon Wafer for RF SAW Devices」、Proceedings of the 2002 IEEE Ultrasonics Symposium, Vol. 1, October 8-11, 2002, pages 131-134 (以後、「Solal」と)、Pastureaud, T. et al., 「High-Frequency Surface Acoustic Waves Excited on Thin-Oriented LiNbO₃ Single-Crystal Layers Transferred onto Silicon」, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol. 54, No. 4, April 2007, pages 870-876 (以降、「Pastureaud」と)と、において提案されている。これらの文書は、キャリア基板の最上部上の圧電材料の薄層上に構築されるSAWデバイスを開示する。他の層は、圧電層とキャリア基板との間に存在することが可能である。これらの中間層は、通常は誘電体層であるが、いくつかの事例において、それは、金属層を使用するように提案された。圧電層も可能である。キャリア基板において速度は、音波をガイドすることを可能にするために十分に高い。

【0043】

SAWデバイス34を製造するために使用されるプロセスは、いくつかの実施例において、キャリア基板38上に圧電材料のウェハ、または成膜した層(たとえば、1層以上の誘電体層40)を含むキャリア基板38のウェハ結合を使用する。層40のうちの1層として酸化ケイ素を使用すること、及び酸化ケイ素層上に圧電層36を結合することは、比較的に一般的である。圧電層36は、たとえば、米国特許第6,445,265号、仏特許第2788176号、Solal、及びPastureaudに記述されるような、たとえば、イオンスライシングプロセスを使用することにより形成されることが可能である。この事例において、圧電基板は、キャリア基板38に結合される前に注入される。この注入は、注入エネルギーによる深さにおいて圧電基板内側に欠陥を生じる。これは、圧電基板を破損すること、及び圧電材料の薄層が圧電層36としてキャリア基板38の表面に残ることを可能にする。このアプローチの欠点は、圧電基板の厚さが注入エネルギーにより制限されることであり、マイクロメートルの数十分の一より厚い圧電層を取得することは、困難である。また、注入は、さらに損失、またはより小さな結合係数をもたらす圧電膜を損傷させる可能性がある。このプロセスは、「イオンスライシング」と一般に称される。代替のプロセスは、圧電材料の薄層(すなわち、圧電層36)を得るために圧電基板を研削することからなる。この事例において、厚さの精度は、取得することが困難であり、通常は製造プロセスへの周波数の感度を最小にする周波数及び層厚を選択することを推奨する。

【0044】

キャリア基板38の選択は、良好な性能を得るために重要である。米国特許第6,445,265号、及び仏特許第2788176号は、ガラス、サファイア、Si、またはヒ化ガリウムから作製されるキャリア基板を開示するが、一般に使用されるキャリア基板は、Siから作製されるものである。Siの1つの問題は、誘電の影響による損失をもたらす、その導電率である。これは、注入によりSiを処理すること、または圧電層36とキャリア基板38との間に相対的に厚い層を使用することにより、低減することが可能である。SAWデバイス34の製造コストを増加させることに加えて、成膜した層の使用は、良質の成膜材料を得ることの困難さにより音響伝搬損失のある程度の増加をもたらす可能性がある。この問題は、キャリア基板38と圧電層36との間に酸化ケイ素層を使用するときに存在する。一方、酸化ケイ素の使用は、SAWデバイス34のTCFを低下させるために使用されることが可能である、その速度の正の温度係数にとって有利となる。また、酸化ケイ素は、SAWデバイス34のキャパシタンスを減少させ、その結合係数を増加させる、低い誘電率を有することの利点を備える。

【0045】

10

20

30

40

50

図7は、本開示のいくつかの実施形態に従うSAWデバイス44を示す。図示されるように、SAWデバイス44は、石英キャリア基板48上に圧電層または膜46、石英キャリア基板48の表面上に(たとえば、表面上に直接に)任意選択で1層以上の誘電体層50、石英キャリア基板48に対向する1層以上の誘電体層50の表面上に圧電層46、石英キャリア基板48に対向する圧電層46の表面上に金属トランスデューサまたはIDT52、及び金属トランスデューサ52の表面と、圧電層46の露出面との上に任意選択で1層以上の誘電体層53(たとえば、いくつかの実施形態においてドーピングができる、1層以上の酸化ケイ素)を含む。1つの金属トランスデューサ52のみを図示するが、圧電層46の表面上に1つ以上の金属トランスデューサ52及びグレーティング/反射器のうちのいずれの数もあることができるこを理解するであろうことに留意する。金属トランスデューサ52の個々の指間の分離は、トランスデューサ電極周期(p)と本明細書において称される、周期(p)を定める。再度、1層以上の誘電体層50及び53を図7に示すが、1層以上の誘電体層50及び53は、任意選択である。さらに、いくつかの実施形態において、1層以上の誘電体層50は、いくつかの実施形態において、たとえば、さらにTCFを改善するために、たとえば、フッ化物またはホウ素などの、ドーパントによりドーピングされる、酸化ケイ素の層を含む。

【0046】

キャリア基板48のために使用される材料の選択は、SAWデバイス44の性能にとって重要である。キャリア基板48は、つぎの特性を有する必要がある。

【0047】

・キャリア基板48は、絶縁していかなければならない。金属基板は、フィルタ入力と出力との間に強い結合を生じ、電気音響結合を低減させるキャパシタンスを加える。また半導体基板は、その導電率により、ある程度の損失を生じる。

【0048】

・キャリア基板48は、デバイスキャパシタンスを減少させるために、及び圧電結合を増加させるために低い誘電率を有する必要がある。

【0049】

・キャリア基板48は、単結晶基板を使用することにより通常は得られることが可能である、低い音響粘性損失を有する必要がある。

【0050】

・キャリア基板48についてのTCFは、小さく(絶対値において)、可能であれば、負である、圧電層46のTCFの記号と反対の記号を有する。加えて、低い熱膨張係数は、有利である。

【0051】

音響デバイスのために広く使用される結晶のうちの1つは、石英である。石英は、つぎのいくつかの利点を提示する。

【0052】

・石英は、約4.5の低い比誘電率を有する。

【0053】

・石英は、その導電率が非常に低いことを意味する、半導体ではない。

【0054】

・石英は、SAW及びBAWデバイス用に大規模に研究されており、石英の品質は、粘性損失を低減するために向上している。このために、非常に良い品質係数を有する共振子は、石英上の圧電層を使用して取得されることが可能である。

【0055】

・温度感度の視点から、石英は、低い温度感度の利点を有し、周波数の温度係数が0である補償されたカットを有する。

【0056】

このようなものとして、石英は、SAWデバイス44のキャリア基板48についての材料として利用される。

10

20

30

40

50

【0057】

1層以上の誘電体層50は、任意選択である。使用される場合に、1層以上の誘電体層50は、たとえば、酸化ケイ素などの、1つまたは複数の誘電体材料を含むことができる。誘電体層(複数可)50は、通常は音波長より各薄い。圧電層46は、任意の適切な圧電材料(複数可)から形成される。本明細書に記述される、いくつかの好ましい実施形態において、圧電層46は、LT、またはLiNbO₃から形成されるが、それに限定されない。いくつかの実施形態において、圧電層46は、トランスデューサ電極周期(p)の4倍未満である厚さ(t_{圧電})を有する。他の実施形態において、圧電層46の厚さ(t_{圧電})は、トランスデューサ電極周期(p)の2倍未満である。また、それが既知である場合に、任意選択で、たとえば、酸化ケイ素、窒化ケイ素、及び酸化アルミニウムのような、1層またはいくつかの誘電体層(すなわち、誘電体層(複数可)53)は、パッシベーションを実現するために表面に成膜することが可能である。また、酸化ケイ素の誘電体膜内側に電極を埋め込み、SAWデバイス44の温度感度をさらに低下させることは、有利であることが可能である。10

【0058】

たとえば、いくつかの実施形態において、圧電層46は、LTであり、圧電層46の厚さ(t_{圧電})は、2p未満である。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層46のために使用されるLTは、YからY+60度の間に配向を有する。いくつかの他の実施形態において、圧電層46は、LiNbO₃であり、圧電層46の厚さ(t_{圧電})は、2p未満である。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層46のために使用されるLiNbO₃は、Y-20度からY+60度の間に配向を有する。20

【0059】

以下に詳細に考察されるように、いくつかの実施形態において、金属トランスデューサ52の伝搬方向は、石英キャリア基板48の水晶振動子のz軸または-z軸に関して10度より小さい角度を形成する。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層46は、LTであり、圧電層46の厚さ(t_{圧電})は、2p未満である。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層46のために使用されるLTは、YからY+60度の間に配向、及びLTのx軸沿いの伝搬を有する(そこでx軸は石英キャリア基板48においてz軸沿いの伝搬のために水晶振動子のz軸とアライメントを取る)。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層46の厚さ(t_{圧電})は、トランスデューサ電極周期(p)の60%未満である。さらに、いくつかの実施形態において、石英キャリア基板48は、水晶振動子のx軸またはy軸沿いに配向されるその法線(すなわち、石英キャリア基板48の法線)を有する石英から作製される。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層46の厚さ(t_{圧電})は、トランスデューサ電極周期(p)の30%から50%の間にある。他の実施形態において、石英キャリア基板48は、水晶振動子のx軸に関して30度から55度の間の角度を形成するその法線(すなわち、石英キャリア基板48の法線)を有する石英から作製される。さらに、いくつかの実施形態において、圧電層46の厚さ(t_{圧電})は、トランスデューサ電極周期(p)の20%から40%の間にある。30

【0060】

SAWデバイス44は、図示された実施例において、SAW共振子である。このSAW共振子は、たとえば、SAW共振子44のうちの1つ以上を含むフィルタ、SAW共振子44のうちの少なくとも2つを含むラダー型フィルタ、2つのグレーティング/反射器間に配置されるSAW共振子44のうちの少なくとも2つを含むCRF、及びSAW共振子44のうちの少なくとも1つに関して直列に、または並列に接続される前述のCRFの力スケードを使用するフィルタなどの、任意の数のデバイスにおいて利用されることができる。さらに、これらのフィルタは、たとえば、デュプレクサ(すなわち、デュプレックスフィルタ)、マルチプレクサ(すなわち、マルチプレックスフィルタ)、または同様のものにおいて、利用されることができる。40

【0061】

つぎの考察は、本開示のいくつかの実施形態に従い、石英キャリア基板48の配向の重50

要性を図示する、図 7 の S A W デバイス 4 4 のいくつかの例示的な実施態様についてのシミュレーション結果の考察を提供する。上記で考察されるように、S A W の伝搬方向において石英キャリア基板 4 8 の B A W 速度が（疑似）S A W デバイス 4 4 の速度より高い場合に、つぎに、圧電層 4 6 の内側に音響エネルギーをガイドすることが可能であり、バルク内の損失が打ち消されることができる。換言すれば、S A W デバイス 4 4 の速度より高いことは、S A W の伝搬方向における石英キャリア基板 4 8 の B A W 速度にとって望ましい。

【 0 0 6 2 】

この点について、図 8 は、圧電層 4 6 が Y + 4 2 度の配向を有する L T 膜である、S A W デバイス 4 4 の実装についてのシミュレーション結果を示し、石英キャリア基板 4 8 は 10 、 Y + 3 6 度の配向を有する石英から形成され、S A W の伝搬は、石英キャリア基板 4 8 の水晶振動子の x 軸沿いにあり（すなわち、 X 伝搬があり）、そこで石英キャリア基板 4 8 の水晶振動子の x 軸は、 L T の x 軸とアライメントを取る。これらの結果は、石英キャリア基板 4 8 内のバルクカットオフ周波数が S A W デバイス 4 4 の共振周波数より低いことを示す。これは、音響エネルギーがバルク内に放射されることが可能であり、伝搬損失及び低い品質係数をもたらすことを意味する。したがって、これは、望ましくない配向である。

【 0 0 6 3 】

同様に、図 9 は、圧電層 4 6 が Y + 4 2 度の配向を有する L T 膜であり、石英キャリア基板 4 8 が Y + 3 6 度の配向を有するが、石英キャリア基板 4 8 の水晶振動子の x 軸から 20 9 0 度において S A W の伝搬を有する、石英から形成される、S A W デバイス 4 4 の実装についてのシミュレーション結果を示す。これは、石英上のいわゆる横波型弾性表面波（ S T W ）デバイスについての配向である。図示されるように、バルクカットオフ周波数は、メインモードがバルク内へ漏洩させ、その品質係数を低下させる、S A W デバイス 4 4 の共振周波数に近い周波数にある。したがって、これも、望ましくない配向である。

【 0 0 6 4 】

この問題は、石英のこれらの配向についての石英キャリア基板 4 8 におけるバルクモードが遅すぎることである。カットオフ周波数を上回る、多くのエネルギーは、バルク内に損失する。 p が金属トランスデューサ 5 2 の電極周期である場合に、カットオフ周波数は、 V s / 2 p であり、そこで V s は、S A W の伝搬方向についての石英キャリア基板 4 8 における速度である。石英における速度は、低すぎることが多い。 30

【 0 0 6 5 】

図 1 0 から図 1 2 は、 X Y 、 X Z 、及び Y Z 平面における石英についての B A W スローネス曲線を示す。ほとんどの配向について、最も低い速度が 3 3 0 0 メートル / 秒 (m / s) から 4 0 0 0 m / s の間にあることを示す。これらの速度は、 L T における速度と比較して低すぎる（すなわち、対応するカットオフ周波数は共振周波数を上回るほど高くはない）。最も高いせん断速度を有する配向は、約 4 6 6 0 m / s の速度を有する、 Z 配向である。共振周波数（この実施例について、 2 マイクロメートル (μ m) 周期に対して 1 ギガヘルツ (G H z) と仮定される）より高い 1 0 % を超えるカットオフ周波数を有するため、石英における速度は、少なくとも 4 4 0 0 m / s である、またはスローネスは、 2 . 2 7 3 1 0 $^{-4}$ 秒 / メートル (s / m) 未満である。 X Z 平面におけるこの条件は、 z 軸（または - z 軸）周囲の \pm 8 度、及び Y Z 平面における \pm 1 0 度の角度範囲についてのみである。世界的に、これは、キャリア基板 4 8 が水晶振動子の z 軸に関して 1 0 度より小さい角度をなす伝搬方向を有する石英の基板でなければならないことを意味する。このようなものとして、上記に言及されるように、いくつかの実施形態において、金属トランスデューサ 5 2 の伝搬方向は、石英キャリア基板 4 8 の水晶振動子の z 軸または - z 軸に関して 1 0 度より小さい角度を形成する。 40

【 0 0 6 6 】

図 1 3 は、圧電層 4 6 が Y + 4 2 度の配向、石英 Y カットから作製される石英キャリア基板 4 8 上の X 伝搬、及び石英キャリア基板 4 8 の水晶振動子の z 軸沿いの S A W の伝搬 50

(すなわち、Z伝搬)を有するLT膜である、SAWデバイス44(SAW共振子として)の実装についてのシミュレーション結果を示す。換言すれば、結晶学的なLTのx軸は、結晶学的な石英のz軸とアライメントを取る。結晶学的な石英のy軸は、石英の平面に垂直であり、LTについてのY+42軸は、この表面に垂直である。スローネス曲線により予測されるように、バルクカットオフ周波数は、共振周波数を上回り十分に離れており、良好なガイドを有する(及び同一の基板上にあるが異なる周波数を有するこの共振子及び他のものを使用して、フィルタ(たとえば、ラダー型フィルタ)を作製する場合に、フィルタの帯域における放射損失を有さない)。また、非常になめらかな応答は、スプリアスモードなしで得られる。

【0067】

10

上述される最適化に加えて、いくつかの実施形態において、石英キャリア基板48のために使用される石英のカット角度も、たとえば、圧電結合及び/またはTCFなどの、SAWデバイス44の1つ以上の性能パラメータを最適化するように選択される。この点について、図14から図16は、圧電層46がYX142(すなわち、Y+42)の配向を有するLT膜である、SAWデバイス44の1つの例示的な実施態様についてのシミュレーション結果を示し、そこでキャリア基板48は、石英キャリア基板48についてのカット角度シータ(グラフ内のx軸)、及び波長内のLTの厚さ(グラフ内のy軸)の関数として、配向XZI tetraを有する石英(すなわち、z軸沿いの伝搬、及びz軸沿いに回転する平面を有する石英、そこで0はX配向に対応し、90はY配向に対応する)から作製される。図14において、最高の圧電結合がZ伝搬に関してXまたはYカット石英のキャリア基板に対応する、0または90度に近い角度シータについて得られることを明確に理解することが可能である。図15及び図16において、TCFについての最高の結果が40度(たとえば、30度から55度の範囲)、または140度(たとえば、130度から155度の範囲)に近い角度シータについて得られることを明確に理解することが可能である。

20

【0068】

図17Aから図17Gは、本開示のいくつかの実施形態に従い、図7のSAWデバイス44を製造するプロセスを示す。図17Aに示されるように、プロセスは、石英キャリア基板48により開始する。図17Bに示されるように、1層以上の誘電体層50(及び/または他のタイプの追加の層)は、石英キャリア基板48の表面上に形成される(たとえば、成膜する、または結合される)。また、誘電体層(複数可)50は、任意選択である。圧電材料54は、図17Cに示されるように、石英キャリア基板48に対向する誘電体層(複数可)50の表面上に(または誘電体層(複数可)50が存在しない場合に石英キャリア基板48の表面上に)結合される。図17Dに示されるように、圧電材料54を研削し、またはその他の方法で処理し、所望の厚さ($t_{\text{圧電}}$)を有する圧電層46を形成する。結果として生じる構造を図17Eに示す。つぎに金属トランスデューサ52は、図17Fに示されるように、誘電体層(複数可)50(存在する場合に)及び石英キャリア基板48に対向する圧電層46の表面上に(たとえば、表面上に直接に)形成される。任意選択で、1層以上の誘電体層53は、図17Gに示されるように、金属トランスデューサ52の表面、及び圧電層46の露出面上に形成される(たとえば、成膜する)。

30

【0069】

40

図18Aから図18Hは、本開示のいくつかの他の実施形態に従い、図7のSAWデバイス44を製造するプロセスを示す。図18Aに示されるように、プロセスは、石英キャリア基板48により開始する。図18Bに示されるように、1層以上の誘電体層50(及び/または他のタイプの追加の層)は、石英キャリア基板48の表面上に形成される(たとえば、成膜する、または結合される)。また、誘電体層(複数可)50は、任意選択である。図18Cに示されるように、圧電材料54の表面内へのイオン注入を使用して、圧電層46の所望の厚さ($t_{\text{圧電}}$)を画定する、所望の、または制御された深さにおいて圧電材料54内に損傷した層54Aを作製する。圧電材料54は、図18Dに示されるように、石英キャリア基板48に対向する誘電体層(複数可)50の表面上に(または誘電体

50

層（複数可）50が存在しない場合に石英キャリア基板48の表面上に）結合される。図18E及び図18Fに示されるように、損傷した層54Aより上の圧電材料54の部分を除去することにより、所望の厚さ（ $t_{\text{圧電}}$ ）を有する圧電層46を形成する。特に、圧電層46の表面を好ましくは研磨し、圧電層46の表面上に残るいかなる欠陥も取り除く。結果として生じる構造は、図18Fに示される。つぎに金属トランスデューサ52は、図18Gに示されるように、誘電体層（複数可）50（存在する場合に）及び石英キャリア基板48に対向する圧電層46の表面上に（たとえば、表面上に直接に）形成される。任意選択で、つぎに1層以上の誘電体層53は、図18Hに示されるように、金属トランスデューサ52の表面、及び下層の露出面上に形成される（たとえば、成膜する）。

【0070】

10

本開示は、限定されないが、つぎのものを提供する。

キャリア基板上に結合される、または成膜する圧電層を備える基板上に少なくとも1つの交差指電極を含む音波共振子であって、そこで前記キャリア基板は石英であり、前記圧電層厚はたとえば、4倍の前記トランスデューサ電極周期より小さく、他の実施形態において、2倍の前記トランスデューサ電極周期より小さく、

そこで前記圧電膜はYからY+60度の間の配向を有するタンタル酸リチウム（LiTaO₃）から作製され、

そこで前記圧電膜はY-20度からY+60度の間の配向を有するニオブ酸リチウム（LiNbO₃）から作製され、

そこで前記トランスデューサ電極周期より薄い厚さを有する追加の層は前記キャリア基板と前記圧電層との間に配置され、

20

そこで前記追加の層のうちの少なくとも1層は酸化ケイ素から作製され、

そこで前記圧電層は薄膜を得るために、前記キャリア基板上に圧電材料のウェハを結合することにより、及び前記圧電材料のウェハを研削することにより作製され、

そこで前記圧電層は所与の深さにおいて前記ウェハ内の欠陥を生じるために圧電材料のウェハ内にイオンを注入することにより、このウェハを前記キャリア基板に結合することにより、前記圧電材料を前記欠陥の前記位置において分割することにより、及び前記圧電材料を研磨することにより作製され、

そこで前記キャリアウェハは、石英から作製され、そこで前記トランスデューサの前記伝搬方向は前記水晶振動子の前記軸zまたは-zに関して10度より小さい角度を形成し、

30

そこで前記圧電層はYからY+60度の間の配向、及びX沿いの伝搬を有するLiTaO₃から作製され、

そこで前記圧電層の前記厚さは前記トランスデューサの前記電極周期の60%未満であり、

そこで前記キャリア基板は前記石英の前記xまたはy軸沿いにその法線配向を有する石英であり、

そこで前記キャリア基板は前記石英の前記x軸に関して30度から55度の間の角度を形成するその法線を有する石英であり、

そこで前記LiTaO₃層厚は前記電極周期の20%から40%の間にあり、

40

そこで前記LiTaO₃層厚は前記電極周期の30%から50%の間にあり、

そこで少なくとも1つの共振子は結合型共振子フィルタ内に実装され、

そこで前記結合型共振子フィルタは2つのグレーティング間に配置される少なくとも2つのトランスデューサを含み、

そこで少なくとも1つの共振子素子はラダー型フィルタに組み込まれ、

そこで前記結合型共振子フィルタの前記カスケードを使用するフィルタ、及び少なくとも1つの共振子は直列で、または並列で接続され、

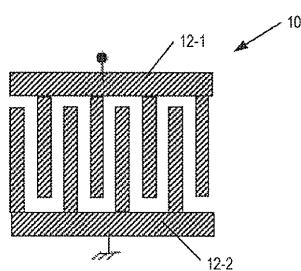
そこで少なくとも1つのフィルタはデュプレクサ内に組み込まれる、前記音波共振子。

【0071】

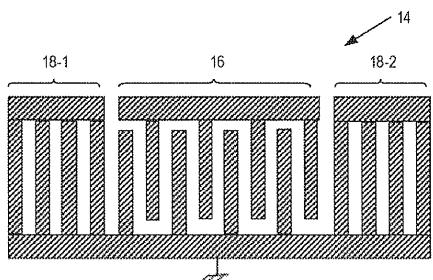
50

当業者は、本開示の好ましい実施形態への改良及び変更を認識するであろう。すべてのこれらののような改良及び変更は、本明細書に開示される概念の範囲、及び以下の特許請求の範囲内にあると考察される。

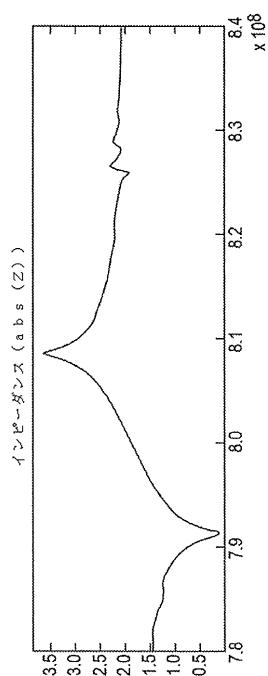
【図1】



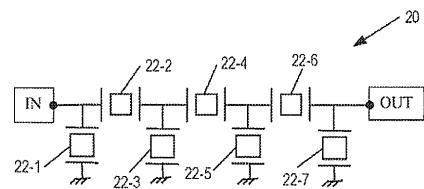
【図2】



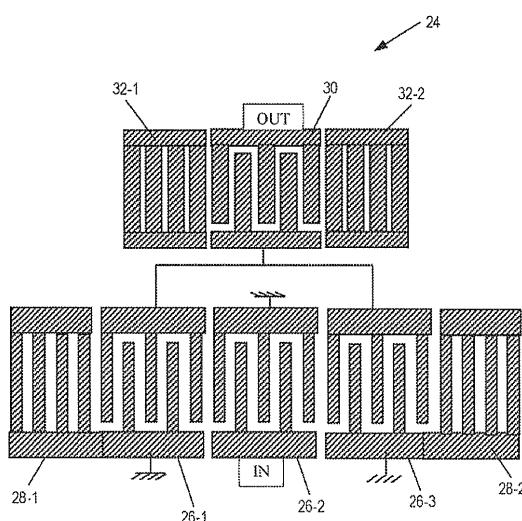
【図3】



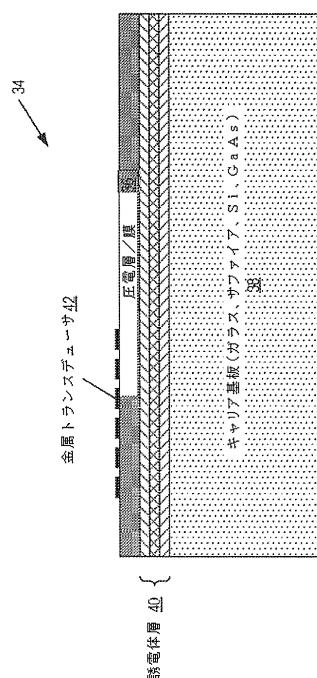
【図4】



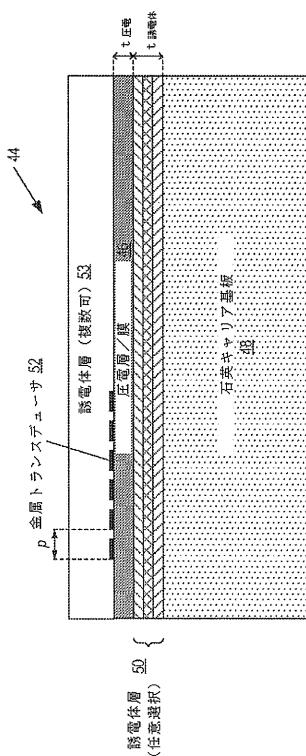
【図5】



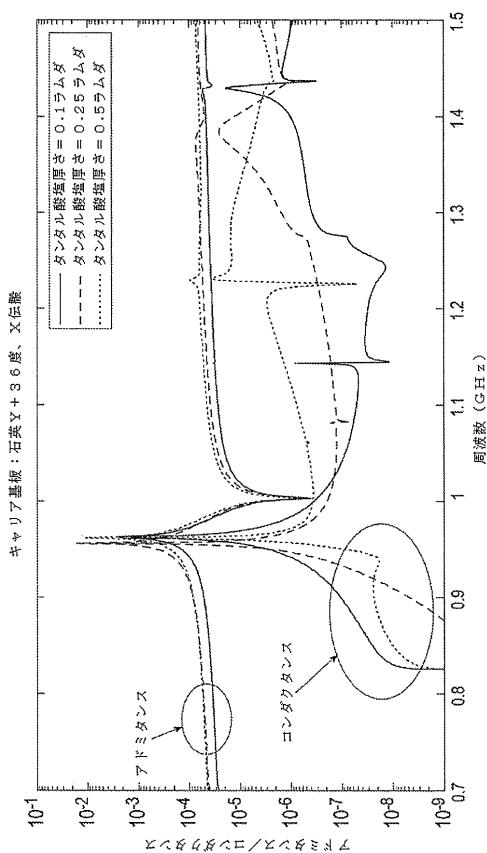
【図6】



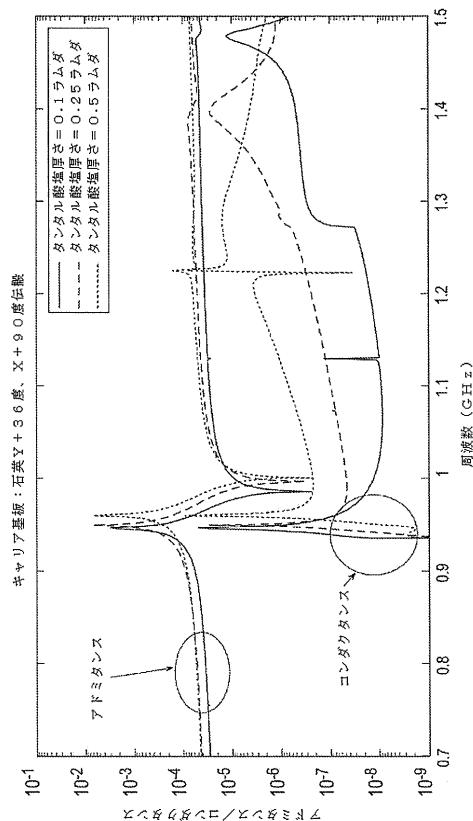
【図7】



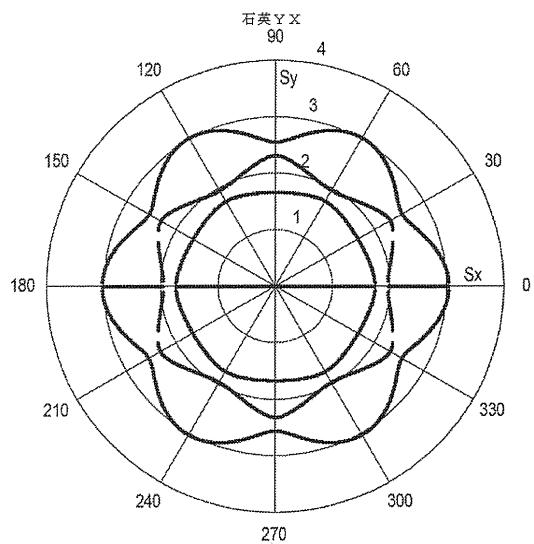
【図8】



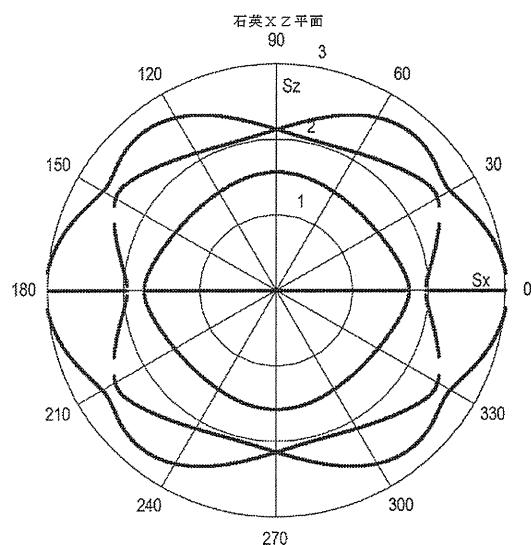
【図9】



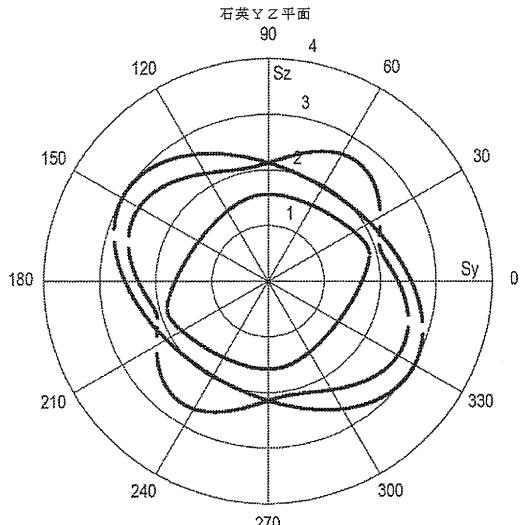
【図10】



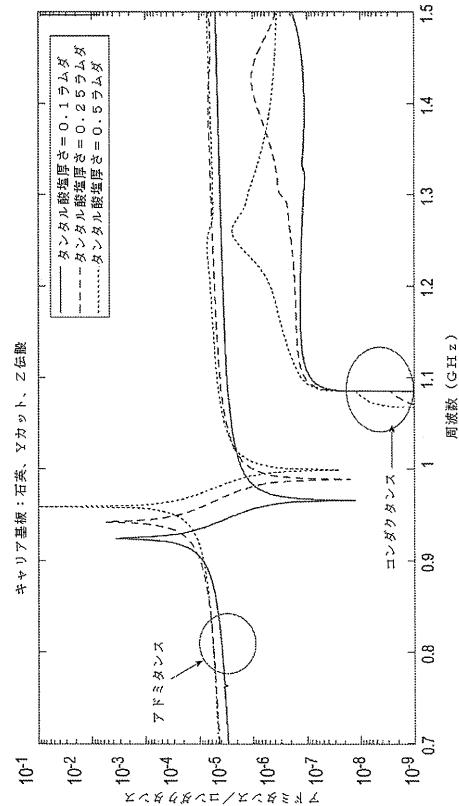
【図11】



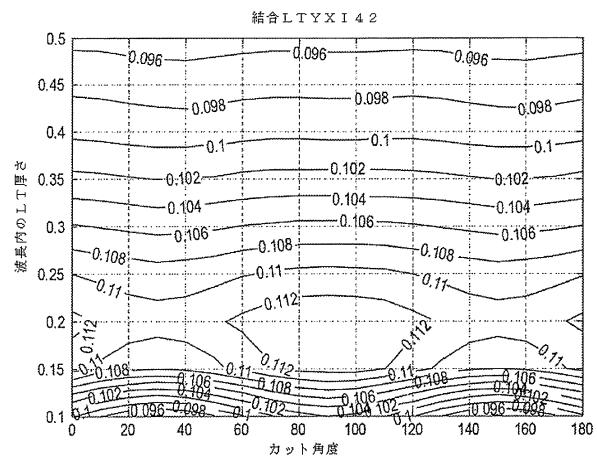
【図12】



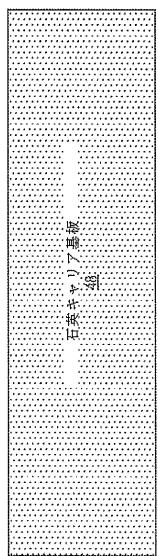
【図13】



【図14】

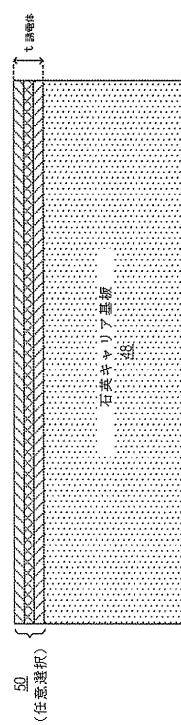


【図 17 A】



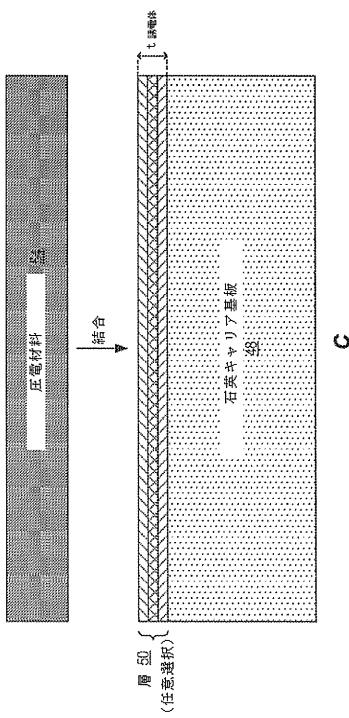
A

【図 17 B】



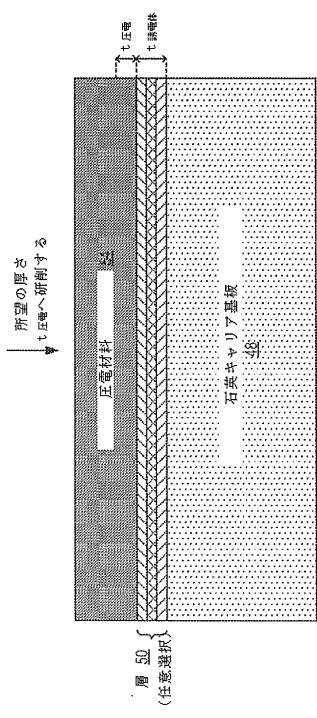
B

【図 17 C】



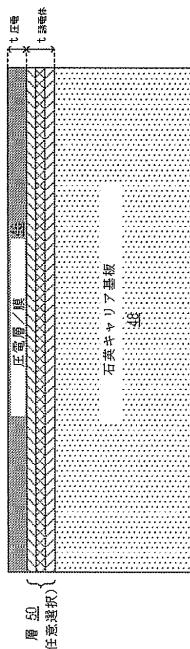
C

【図 17 D】



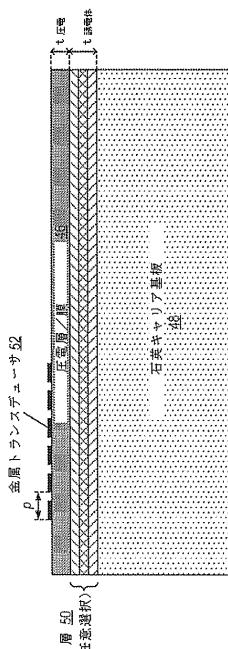
D

【図 17 E】



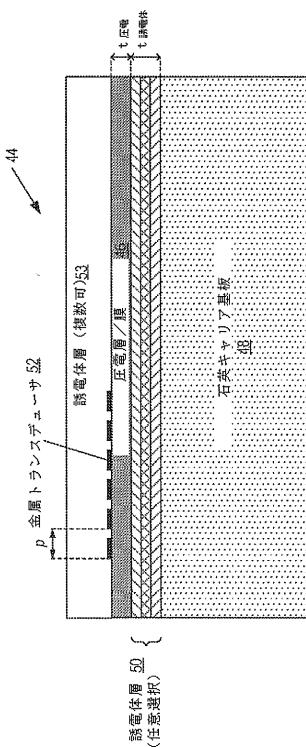
E

【図 17 F】



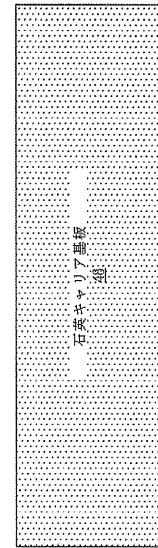
F

【図 17 G】



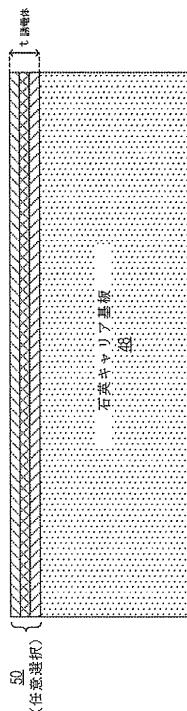
G

【図 18 A】



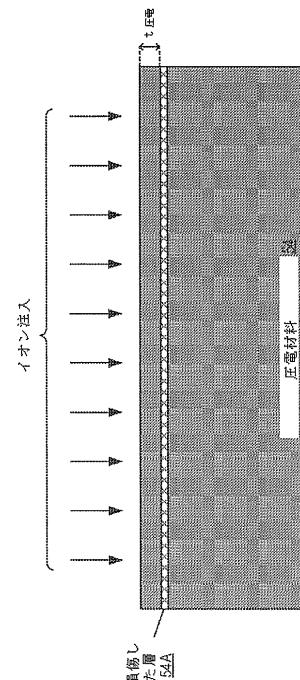
A

【図 18 B】



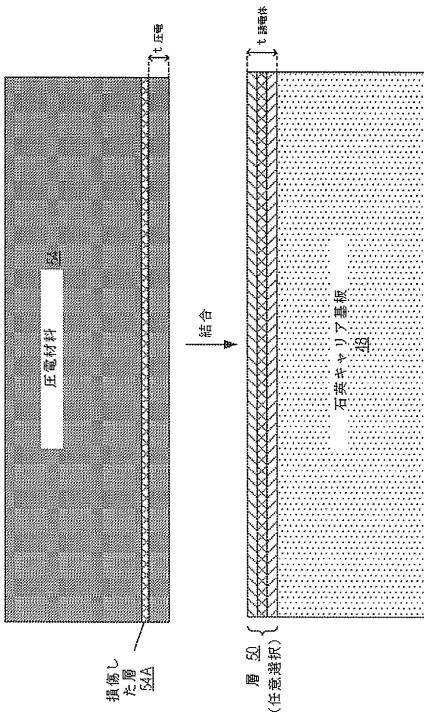
B

【図 18 C】



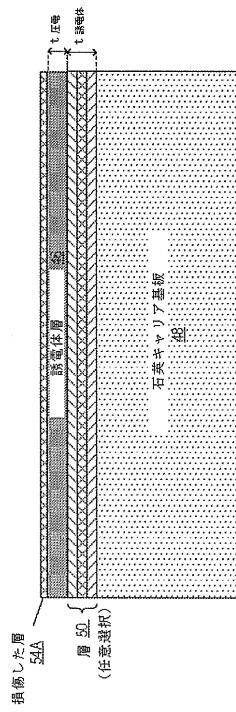
C

【図 18 D】



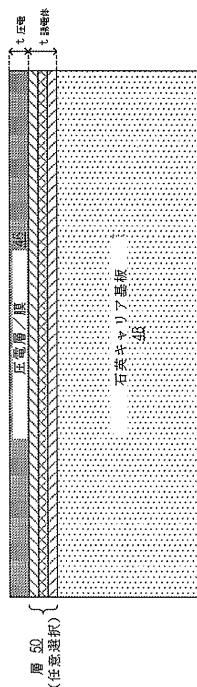
D

【図 18 E】



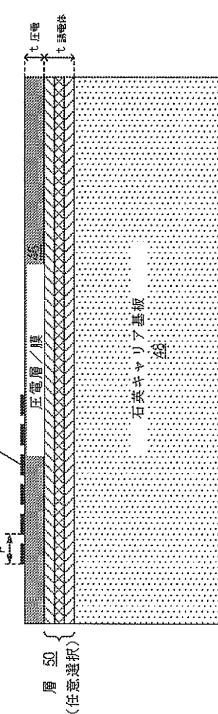
E

【図 18 F】



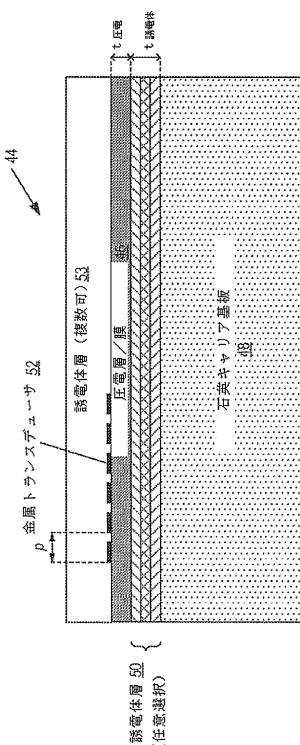
F

【図 18 G】



G

【図 18 H】



H

フロントページの続き

(72)発明者 ソラル, マーク

アメリカ合衆国フロリダ州32779, ロングウッド, イースト・ホーンビーム・ドライブ 26
0

(72)発明者 井上 将吾

アメリカ合衆国フロリダ州32779, ロングウッド, ベラ・ビスタ・サークル 1132

審査官 志津木 康

(56)参考文献 特開2006-319679 (JP, A)

特開平06-326553 (JP, A)

特開2002-076835 (JP, A)

国際公開第2013/172251 (WO, A1)

国際公開第2012/086639 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H3/007 - H03H3/10

H03H9/00 - H03H9/76