

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 10 月 4 日(04.10.2012)

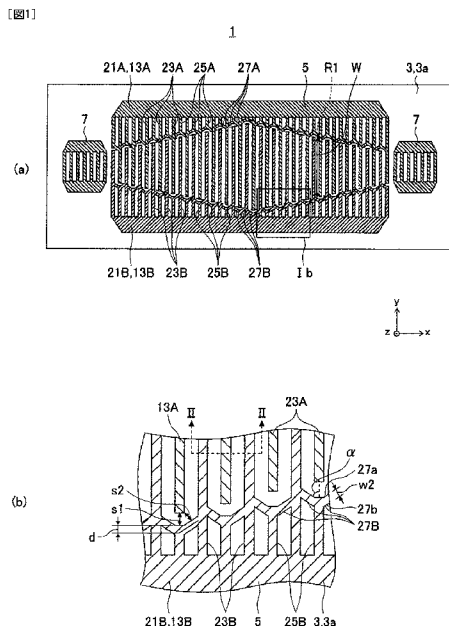


(10) 国際公開番号
WO 2012/132877 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/145 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/056408
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 13 日(13.03.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-070063 2011 年 3 月 28 日(28.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 京セラ株式会社(KYOCERA Corporation) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 岸野 哲也(KISHINO, Tetsuya) [JP/JP]; 〒6190237 京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号 京セラ株式会社 中央研究所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 佐藤 隆久(SATO, Takahisa); 〒1050004 東京都港区新橋3丁目1番11号 長友ランディックビル8階 創造国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: ACOUSTIC WAVE ELEMENT AND ACOUSTIC WAVE DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 弾性波素子およびそれを用いた弾性波装置



(57) Abstract: An IDT electrode (5) of an SAW element (1) comprises: a first bus bar (21A) and second bus bar (21B); a plurality of first electrode fingers (23A) and a plurality of second electrode fingers (23B) which extend from the bus bars (21) and intersect with each other; a plurality of first dummy electrodes (25A) and a plurality of second dummy electrodes (25B) which extend from the bus bars (21) and have distal ends facing distal ends of the plurality of second electrode fingers (23B) and the plurality of first electrode fingers (23A), with a gap (s1) interposed therebetween; a plurality of first auxiliary electrodes (27A) projecting laterally from a distal end-side portion of the plurality of first dummy electrodes (25A); and a plurality of second auxiliary electrodes (27B) projecting laterally from a distal end-side portion of the plurality of second dummy electrodes (25B). The plurality of first auxiliary electrodes (27A) have edge parts (27a) on the second bus bar (21B) side, the position of which is increasingly closer to the second bus bar (21B) in correlation to the distance to the distal end.

(57) 要約: SAW素子1のIDT電極5は、第1バスバー21Aおよび第2バスバー21Bと、これらバスバー21から延び、互いに交差する複数の第1電極指23Aおよび複数の第2電極指23Bと、バスバー21から延び、先端が複数の第2電極指23Bおよび複数の第1電極指23Aの先端と間隙s1を介して対向する複数の第1ダミー電極25Aおよび複数の第2ダミー電極25Bと、複数の第1ダミー電極25Aの先端側部分からその側方へ突出する複数の第1補助電極27Aと、複数の第2ダミー電極25Bの先端側部分からその側方へ突出する複数の第2補助電極27Bとを有する。複数の第1補助電極27Aは、第2バスバー21B側の縁部27aが、先端側ほど第2バスバー21B側に位置する。

明 細 書

発明の名称：弾性波素子およびそれを用いた弾性波装置

技術分野

[0001] 本発明は、弾性表面波（SAW：Surface Acoustic Wave）素子等の弾性波素子およびそれを用いた弾性波装置に関する。

背景技術

[0002] 圧電基板と、圧電基板の主面上に設けられたIDT（InterDigital Transducer）電極（励振電極）とを有する弾性波素子が知られている（例えば特許文献1または2）。IDT電極は、1対の櫛歯電極を有する。各櫛歯電極は、SAWの伝搬方向に延びるバスバーと、当該バスバーからSAWの伝搬方向に直交する方向に延び、SAWの伝搬方向に配列された複数の電極指を有している。そして、1対の櫛歯電極は、複数の電極指が噛み合うように（交差するように）配置される。また、特許文献1および2の各櫛歯電極は、バスバーからSAWの伝搬方向に延び、その先端が他方の櫛歯電極の電極指の先端と間隙を介して対向するダミー電極を有している。

[0003] 特許文献1では、ダミー電極の先端を太くすることが開示されている。特許文献1では、このような構成によって、電極指の先端とダミー電極の先端との間隙周辺におけるSAWの反射や散乱が抑制され、弾性波素子の共振特性やフィルタ特性が向上するとされている。

[0004] 特許文献2の図15では、ダミー電極の先端と、当該ダミー電極とSAWの伝搬方向において隣接する電極指とを接続することが開示されている。特許文献2では、このような構成によって、電極指の交差範囲の外側領域における音速が低下し、交差範囲内にSAWが閉じ込められ、弾性波素子の特性が向上するとされている。

[0005] しかし、特許文献1の技術では、ダミー電極の先端を太くすることから、ダミー電極の先端と電極指の先端との間隙が小さくなり、これらダミー電極と電極指とが短絡するおそれが高くなっている。また、特許文献2の技術は

、ダミー電極の先端と電極指の先端との間隙における弾性波の伝搬損失に着目したものではなく、そのような伝搬損失を好適に抑制する形状とはなっていない。

[0006] 従って、ダミー電極と電極指との短絡を抑制しつつ弾性波の伝搬損失を低減できる弾性波素子および弾性波装置が提供されることが好ましい。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：国際公開第2008／126614号パンフレット

特許文献2：特開2008－92017号公報

発明の概要

[0008] 本発明の一態様に係る弾性波素子は、圧電基板と、該圧電基板の上面に位置するIDT電極と、を有し、該IDT電極は、弾性波の伝搬方向に直交する方向において互いに対向する第1バスバーおよび第2バスバーと、前記第1バスバーから前記第2バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された複数の第1電極指と、前記第2バスバーから前記第1バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、前記複数の第1電極指と互いに交差する複数の第2電極指と、前記第1バスバーから前記第2バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、先端が前記複数の第2電極指の先端と間隙を介して対向する複数の第1ダミー電極と、前記第2バスバーから前記第1バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、先端が前記複数の第1電極指の先端と間隙を介して対向する複数の第2ダミー電極と、前記複数の第1ダミー電極の先端側部分からその側方へ突出する複数の第1補助電極と、前記複数の第2ダミー電極の先端側部分からその側方へ突出する複数の第2補助電極と、を有し、前記複数の第1補助電極の少なくとも一部の第1補助電極は、前記第2バスバー側の縁部が先端側ほど前記第2バスバー側に位置し、前記複数の第2補助電極の少なくとも一部の第2補助電極は、前記第1バスバー側の縁部が先端側ほど前記第1バスバー側に位置する。

[0009] 本発明の一態様の弾性波素子は、圧電基板と、該圧電基板の上面に位置す

る I D T 電極と、を有し、該 I D T 電極は、弾性波の伝搬方向に直交する方向において互いに対向する第 1 バスバーおよび第 2 バスバーと、前記第 1 バスバーから前記第 2 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された複数の第 1 電極指と、前記第 2 バスバーから前記第 1 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、前記複数の第 1 電極指と互いに交差する複数の第 2 電極指と、前記第 1 バスバーから前記第 2 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、先端が前記複数の第 2 電極指の先端と間隙を介して対向する複数の第 1 ダミー電極と、前記第 2 バスバーから前記第 1 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、先端が前記複数の第 1 電極指の先端と間隙を介して対向する複数の第 2 ダミー電極と、前記複数の第 1 ダミー電極の先端側部分から前記伝搬方向に対して斜めに突出する第 1 補助電極と、前記複数の第 2 ダミー電極の先端側部分から前記伝搬方向に対して斜めに突出する第 2 補助電極と、を有する。

[0010] 本発明の一態様の弾性波装置は、上記のいずれか一つの弾性波素子と、該弾性波素子が実装される回路基板と、を有する。

[0011] 上記の構成によれば、ダミー電極と電極指との短絡を抑制しつつ弾性波の伝搬損失を低減できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図 1 (a) は本発明の実施形態に係る S A W 素子の平面図、図 1 (b) は図 1 (a) の領域 I b の拡大図である。

[図2]図 1 (b) の II-II 線における断面図である。

[図3]図 3 (a) ~ 図 3 (e) は S A W 素子の製造方法を説明する、図 2 に対応する断面図である。

[図4]図 1 の S A W 素子を適用した S A W 装置の例を示す断面図である。

[図5]図 5 (a) ~ 図 5 (d) は補助電極の変形例を示す拡大平面図である。

[図6]バスバーの変形例を示す平面図である。

[図7]図 7 (a) および図 7 (b) は S A W の伝搬損失の評価方法を説明する図である。

[図8]比較例および実施例の条件および評価結果を示す図である。

[図9]図9(a)～図9(c)は補助電極の寸法がSAWの伝搬損失に及ぼす影響を示す図である。

[図10]図10(a)および図10(b)は補助電極の他の変形例を示す拡大平面図である。

[図11]補助電極のさらに他の変形例を示す拡大平面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施形態に係る弾性表面波素子（以下、SAW素子ともいう）および弾性表面波装置（以下、SAW装置ともいう）について、図面を参照して説明する。なお、以下の説明で用いられる図は模式的なものであり、図面上の寸法比率等は現実のものとは必ずしも一致していない。

[0014] (SAW素子の構成および製造方法)

図1(a)は本発明の実施形態に係るSAW素子1の要部の平面図である。図1(b)は図1(a)の領域Ibの拡大図である。図2は図1(b)のI-I線における断面図である。

[0015] なお、SAW素子1は、いずれの方向が上方または下方とされてもよいものであるが、以下では、便宜的に、直交座標系xyzを定義するとともに、z方向の正側を上方として、上面、下面等の用語を用いるものとする。

[0016] SAW素子1は、基板3と、基板3の上面3aに設けられたIDT電極5および反射器7と、IDT電極5および反射器7上に設けられた付加膜9（図2）と、上面3aを付加膜9の上から覆う保護層11（図2）とを有している。なお、SAW素子1は、この他にも、IDT電極5に信号の入出力を行うための配線等を有していてもよい。

[0017] 基板3は、圧電基板によって構成されている。具体的には、例えば、基板3は、タンタル酸リチウム(LiTaO₃)単結晶、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)単結晶等の圧電性を有する単結晶の基板によって構成されている。より好適には、基板3は、128°±10°Y-XカットのLiNbO₃基板によって構成されている。基板3の平面形状および各種寸法は適宜に設定さ

れてよい。一例として、基板3の厚み（ z 方向）は、 $0.2\text{ mm} \sim 0.5\text{ mm}$ である。

[0018] IDT電極5は、第1櫛歯電極13Aおよび第2櫛歯電極13Bを有している。なお、以下では、第1櫛歯電極13Aおよび第2櫛歯電極13Bを単に櫛歯電極13といい、これらを区別しないことがある。また、第1櫛歯電極13Aに係る構成については、「第1バスバー21A」等のように、「第1」および「A」を付すことがあり、第2櫛歯電極13Bに係る構成については、「第2バスバー21B」等のように、「第2」および「B」を付すことがあり、また、「第1」、「第2」、「A」、および「B」を省略することがある。

[0019] 各櫛歯電極13は、SAWの伝搬方向（ x 方向）に延びるバスバー21（図1（a））と、バスバー21から上記伝搬方向に直交する方向（ y 方向）に伸びる複数の電極指23とを有している。そして、1対の櫛歯電極13は、複数の電極指23が互いに噛み合うように（交差するように）配置されている。また、各櫛歯電極13は、複数の電極指23の間においてバスバー21からSAWの伝搬方向に直交する方向（ y 方向）に延びる複数のダミー電極25と、ダミー電極25の先端側部分からその側方へ延びる複数の補助電極27とを有している。

[0020] バスバー21は、例えば、概ね一定の幅で延びる長尺状に形成されており、SAWの伝搬方向に平行に配置されている。そして、1対のバスバー21は、SAWの伝搬方向に直交する方向において互に対向している。

[0021] 複数の電極指23は、SAWの伝搬方向に概ね一定の間隔で配列されている。1対の櫛歯電極13の複数の電極指23は、そのピッチ（繰り返し間隔） p （図2。例えば、電極指23の中心間距離）が、例えば、共振させたい周波数でのSAWの波長 λ の半波長と同等となるように設けられている。波長 λ （ $2p$ ）は、例えば、 $1.5\text{ }\mu\text{m} \sim 6\text{ }\mu\text{m}$ である。各電極指23の幅 w_1 （図2）は、SAW素子1に要求される電気特性等に応じて適宜に設定され、例えば、ピッチ p に対して $0.4p \sim 0.6p$ である。

[0022] 複数の電極指 2 3 の長さ（先端の y 方向における位置）は、S A W の伝搬方向において変化している。従って、図 1（a）において点線（複数の電極指 2 3 の先端を結ぶ線）で示す交差範囲 R 1 の幅 W（S A W の伝搬方向に直交する方向（y 方向）の長さ、電極指 2 3 の交差幅）は、S A W の伝搬方向（x 方向）において変化している。すなわち、I D T 電極 5 は、アポダイズが施されている。このようなアポダイズが施されることにより、いわゆる横モードのスプリアスの発生が抑制される。

[0023] 複数のダミー電極 2 5 は、各櫛歯電極 1 3 において、複数の電極指 2 3 と共に概ね一定の間隔（ピッチ p）で配列されている。そして、一方の櫛歯電極 1 3 のダミー電極 2 5 の先端は、他方の櫛歯電極 1 3 の電極指 2 3 の先端と所定の間隔 s 1（図 1（b））を介して対向している。間隔 s 1 の大きさ（y 方向。以下においてこの大きさも s 1 の符号によって表現することがある。）は、複数のダミー電極 2 5 において概ね一定である。ダミー電極 2 5 の先端の位置（長さ）は、交差幅 W が S A W の伝搬方向において変化していることに対応して、S A W の伝搬方向において変化している。ダミー電極 2 5 の各種寸法は適宜に設定されてよいが、例えば、ダミー電極 2 5 の幅は、電極指 2 3 の幅 w 1 と同等であり、また、間隔 s 1 の大きさは、 $\lambda/8$ から $\lambda/2$ （p）程度である。

[0024] 複数の補助電極 2 7 は、複数のダミー電極 2 5 の先端の側方縁部から突出している。複数のダミー電極 2 5 のうち、自己と同じバスバー 2 1 から延びる電極指 2 3 が両隣に位置するダミー電極 2 5（本実施形態では、I D T 電極 5 の端部に位置するダミー電極 2 5 以外のダミー電極 2 5）においては、両側の側方縁部から補助電極 2 7 が突出している。

[0025] 補助電極 2 7 の先端は、当該補助電極 2 7 の根元のダミー電極 2 5 と同一のバスバー 2 1 から延びる、当該ダミー電極 2 5 に隣接する電極指 2 3 の側方縁部に接続されている。すなわち、補助電極 2 7 は、同電位となるべきダミー電極 2 5 と電極指 2 3 とを接続している。

[0026] 補助電極 2 7 は、例えば、先端側（電極指 2 3 に接続される側）ほど、他

方の櫛歯電極 13 のバスバー 21 側に位置するように傾斜して延びている。
すなわち、第 1 補助電極 27 A は、先端側ほど第 2 バスバー 21 B 側に位置するように傾斜して延び、第 2 補助電極 27 B は、先端側ほど第 1 バスバー 21 A 側に位置するように傾斜して延びている。

[0027] 補助電極 27 の、他方の櫛歯電極 13 のバスバー 21 側の縁部 27 a (図 1 (b)) およびその反対側の縁部 27 b (図 1 (b)) に着目すれば、第 1 補助電極 27 A の縁部 27 a および縁部 27 b は、先端側ほど第 2 バスバー 21 B 側に位置するように傾斜して延び、第 2 補助電極 27 B の縁部 27 a および縁部 27 b は、先端側ほど第 1 バスバー 21 A 側に位置するように傾斜して延びている。

[0028] 補助電極 27 の幅 w_2 、SAW の伝搬方向に直交する方向 (y 方向) に対する角度 α 、およびダミー電極 25 に対する接続位置は適宜に設定されてよい。なお、接続位置は、例えば、補助電極 27 の中心線とダミー電極 25 の中心線との交差位置と、ダミー電極 25 の先端との距離 d によって定義される。幅 w_2 は、例えば、電極指 23 およびダミー電極 25 の幅 w_1 と同等であり、角度 α は、例えば、45 度程度であり、距離 d は、例えば、SAW の波長 λ に対して $0.20\lambda \sim 0.40\lambda$ である。

[0029] なお、図 1 (a) 等は模式図であり、実際には、これよりも多数の電極指 23 等を有する複数対の櫛歯電極が設けられてよい。また、複数の IDT 電極 5 が直列接続や並列接続等の方式で接続されたラダー型 SAW フィルタが構成されてもよいし、複数の IDT 電極 5 を x 方向に沿って配置した 2 重モード SAW 共振器フィルタ等が構成されてよい。

[0030] IDT 電極 5 は、例えば、金属によって形成されている。この金属としては、例えば、Al または Al を主成分とする合金 (Al 合金) が挙げられる。Al 合金は、例えば、Al-Cu 合金である。なお、IDT 電極 5 は、複数の金属層から構成されてもよい。IDT 電極 5 の各種寸法は、SAW 素子 1 に要求される電気特性等に応じて適宜に設定される。一例として、IDT 電極 5 の厚み e (図 2) は、 $100\text{ nm} \sim 300\text{ nm}$ である。

[0031] なお、ＩＤＴ電極５は、基板３の上面３ａに直接配置されていてもよいし、別の部材を介して基板３の上面３ａに配置されていてもよい。別の部材は、例えば、Ｔｉ、Ｃｒ、あるいはこれらの合金等からなる。このようにＩＤＴ電極５を別の部材を介して基板３の上面３ａに配置する場合は、別の部材の厚みはＩＤＴ電極５の電気特性に殆ど影響を与えない程度の厚み（例えば、Ｔｉの場合はＩＤＴ電極５の厚みの５％の厚み）に設定される。

[0032] ＩＤＴ電極５によって基板３に電圧が印加されると、基板３の上面３ａ付近において上面３ａに沿ってｘ方向に伝搬するＳＡＷが誘起される。また、ＳＡＷは、電極指２３と電極指２３の非配置領域との境界において反射する。そして、電極指２３のピッチを半波長とする定在波が形成される。定在波は、当該定在波と同一周波数の電気信号に変換され、電極指２３によって取り出される。このようにして、ＳＡＷ素子１は、共振子もしくはフィルタとして機能する。

[0033] 反射器７は、ＩＤＴ電極５の電極指２３のピッチｐと概ね同等のピッチの格子状に形成されている。反射器７は、例えば、ＩＤＴ電極５と同一の材料によって形成されるとともに、ＩＤＴ電極５と同等の厚みに形成されている。

[0034] 保護層１１は、例えば、基板３の上面３ａの概ね全面に亘って設けられており、付加膜９が設けられたＩＤＴ電極５および反射器７を覆うとともに、上面３ａのうちＩＤＴ電極５および反射器７から露出する部分を覆っている。保護層１１の上面３ａからの厚みＴ（図２）は、ＩＤＴ電極５および反射器７の厚みｅよりも大きく設定されている。例えば、厚みＴは、厚みｅよりも１００ｎｍ以上厚く、２００ｎｍ～７００ｎｍである。また、例えば、厚みＴは、別の観点では、ＳＡＷの波長λに対して $0.2\lambda \sim 0.5\lambda$ である。

[0035] 保護層１１は、絶縁性を有する材料からなる。好適には、保護層１１は、温度が上昇すると弾性波の伝搬速度が速くなるＳｉＯ₂などの材料によって形成されており、これによってＳＡＷ素子１の温度の変化による電気特性の変

化を小さく抑えることができる。具体的には、以下のとおりである。

[0036] 基板3の温度が上昇すると、基板3におけるSAWの伝搬速度が遅くなり、また、基板3の熱膨張によってピッチ p が大きくなる。その結果、共振周波数が低くなり、所望の特性が得られないおそれがある。しかし、保護層11が設けられていると、弾性波は、基板3だけでなく、保護層11においても伝搬する。そして、保護層11は、温度が上昇すると弾性波の伝搬速度が速くなる材料(SiO_2)によって形成されていることから、基板3および保護層11を伝搬するSAW全体としては、温度上昇による速度の変化が抑制されることになる。なお、保護層11は、IDT電極5を腐食等から保護することにも寄与する。

[0037] 保護層11の表面は、大きな凹凸がないようにしておくことが望ましい。基板3上を伝搬するSAWの伝搬速度は保護層11の表面の凹凸に影響を受けて変化するため、保護層11の表面に大きな凹凸が存在すると、製造された各SAW素子1の共振周波数に大きなばらつきが生じることとなる。したがって、保護層11の表面を平坦にしておけば、各弾性波素子の共振周波数が安定化する。具体的には、保護層11の表面の平坦度を、基板3上を伝搬するSAWの波長の1%以下とすることが望ましい。

[0038] 付加膜9は、IDT電極5および反射器7の電気特性を向上させるためのものである。付加膜9は、例えば、IDT電極5および反射器7の上面の全面に亘って設けられている。付加膜9は、電極指23の長手方向(y 方向)に直交する断面形状が、例えば、概ね矩形とされている。ただし、付加膜9の断面形状は、台形やドーム状とされてもよい。付加膜9の厚さ t (図2)は、付加膜9が保護層11を露出しない範囲で適宜に設定されてよい。例えば、付加膜9の厚さは、SAWの波長 λ に対して $0.01\lambda \sim 0.4\lambda$ である。

[0039] 付加膜9を構成する材料は、IDT電極5、反射器7、および保護層11を構成する材料とは音響インピーダンスが異なる材料である。音響インピーダンスの相違は、ある程度以上であることが好ましく、例えば、 15 MR a

y l 以上、より好ましくは 20 MR a y l 以上であることが好ましい。

[0040] このような材料としては、例えば、I D T 電極 5 が A l (音響インピーダンス: 13.5 MR a y l) によって構成され、保護層 11 が S i O₂ (12.2 MR a y l) によって構成されている場合には、W C (102.5 MR a y l)、T i N (56.0 MR a y l)、T a S i O₂ (40.6 MR a y l)、T a₂O₅ (33.8 MR a y l)、W₅S i₂ (67.4 MR a y l) が挙げられる。

[0041] I D T 電極 5 が A l によって構成され、保護層 11 が S i O₂ によって構成されている場合においては、これらの音響インピーダンスが近いことから、電極指 23 と電極指 23 の非配置領域との境界が音響的に曖昧になり、当該境界における反射係数が低下する。その結果、S A W の反射波が十分に得られず、所望の特性が得られないおそれがある。しかし、I D T 電極 5 および保護層 11 の材料とは音響インピーダンスが異なる材料によって形成された付加膜 9 が I D T 電極 5 の上面に設けられることにより、電極指 23 と電極指 23 の非配置領域との境界における反射係数が高くなり、所望の特性が得られやすくなる。

[0042] なお、付加膜 9 の材料は、I D T 電極 5、反射器 7、および保護層 11 の材料よりも弾性波の伝搬速度が遅いことが好ましい。伝搬速度が遅いことによって、振動分布が付加膜 9 に集中しやすく、電極指 23 と電極指 23 の非配置位置との境界における反射係数が実効的に高くなる。

[0043] このような材料としては、例えば、I D T 電極 5 が A l (伝搬速度: 5020 m/s) によって構成され、保護層 11 が S i O₂ (5560 m/s) によって構成されている場合には、T a S i O₂ (4438 m/s)、T a₂O₅ (4352 m/s)、W₅S i₂ (4465 m/s) が挙げられる。なお、I D T 電極 5 等の材料よりも弾性波の伝搬速度が遅い材料は、I D T 電極 5 等の材料よりも音響インピーダンスが小さい材料よりも、音響インピーダンスが大きい材料の方が選択の自由度が高いと思われる。

[0044] 図 3 (a) ~ 図 3 (e) は、S A W 素子 1 の製造方法の概要を説明する、

製造工程毎の図2に対応する断面図である。製造工程は、図3（a）から図3（e）まで順に進んでいく。なお、各種の層は、プロセスの進行に伴って形状等が変化するが、変化の前後で共通の符号を用いることがあるものとする。

[0045] 図3（a）に示すように、まず、基板3の上面3a上には、IDT電極5および反射器7となる導電層15、ならびに付加膜9となる付加層17が形成される。具体的には、まず、スパッタリング法、蒸着法またはCVD（Chemical Vapor Deposition：化学的気相堆積）法等の薄膜形成法によって、上面3a上に導電層15が形成される。次に、同様の薄膜形成法によって、付加層17が形成される。

[0046] 付加層17が形成されると、図3（b）に示すように、付加層17および導電層15をエッチングするためのマスクとしてのレジスト層19が形成される。具体的には、ネガ型もしくはポジ型の感光性樹脂の薄膜が適宜な薄膜形成法によって形成され、フォトリソグラフィー法等によってIDT電極5および反射器7等の非配置位置において薄膜の一部が除去される。

[0047] 次に、図3（c）に示すように、RIE（Reactive Ion Etching：反応性イオンエッチング）等の適宜なエッチング法によって、付加層17および導電層15のエッチングを行う。これによって、付加膜9が設けられたIDT電極5および反射器7が形成される。その後、図3（d）に示すように、適宜な薬液を用いることによって、レジスト層19は除去される。

[0048] そして、図3（e）に示すように、スパッタリング法もしくはCVD法等の適宜な薄膜形成法によって保護層11となる薄膜が形成される。この時点においては、保護層11となる薄膜の表面には、IDT電極5等の厚みに起因して凹凸が形成されている。そして、必要に応じて化学機械研磨等によって表面が平坦化され、図2に示すように、保護層11が形成される。なお、保護層11は、平坦化の前もしくは後において、後述するパッド39（図4）等を露出させるために、フォトリソグラフィー法等によって一部が除去されてもよい。

[0049] (SAW装置の構成)

図4は、上述したSAW素子1を適用したSAW装置51の例を示す断面図である。

[0050] SAW装置51は、例えば、フィルタもしくはデュプレクサを構成している。SAW装置51は、SAW素子31と、SAW素子31が実装される回路基板53とを有している。

[0051] SAW素子31は、例えば、いわゆるウェハレベルパッケージのSAW素子として構成されている。SAW素子31は、上述したSAW素子1と、基板3のSAW素子1側を覆うカバー33と、カバー33を貫通する端子35と、基板3のSAW素子1とは反対側を覆う裏面部37とを有している。

[0052] カバー33は、樹脂等によって構成されており、SAWの伝搬を容易化するための振動空間33aをIDT電極5および反射器7の上方(z方向の正側)に構成している。基板3の上面3a上には、IDT電極5と接続された配線38と、配線38に接続されたパッド39とが形成されている。端子35は、パッド39上において形成され、IDT電極5と電氣的に接続されている。裏面部37は、例えば、特に図示しないが、温度変化等によって基板3表面にチャージされた電荷を放電するための裏面電極と当該裏面電極を覆う保護層とを有している。

[0053] 回路基板53は、例えば、いわゆるリジッド式のプリント配線基板によって構成されている。回路基板53の実装面53aには、実装用パッド55が形成されている。

[0054] SAW素子31は、カバー33側を実装面53aに対向させて配置される。そして、端子35と実装用パッド55は、半田57によって接着される。その後、SAW素子31は封止樹脂59によって封止される。

[0055] 以上の実施形態によれば、SAW素子1は、基板3と、基板3の上面3aに位置するIDT電極5とを有する。IDT電極5は、SAWの伝搬方向に直交する方向(y方向)において互いに対向する第1バスバー21Aおよび第2バスバー21Bと、第1バスバー21Aから第2バスバー21Bに向か

って延び、伝搬方向（ x 方向）に配列された複数の第1電極指23Aと、第2バスバー21Bから第1バスバー21Aに向かって延び、 x 方向に配列され、複数の第1電極指23Aと互いに交差する複数の第2電極指23Bと、第1バスバー21Aから第2バスバー21Bに向かって延び、 x 方向に配列され、先端が複数の第2電極指23Bの先端と間隙 s_1 を介して対向する複数の第1ダミー電極25Aと、第2バスバー21Bから第1バスバー21Aに向かって延び、 x 方向に配列され、先端が複数の第1電極指23Aの先端と間隙 s_1 を介して対向する複数の第2ダミー電極25Bと、複数の第1ダミー電極25Aの先端側部分からその側方へ突出する複数の第1補助電極27Aと、複数の第2ダミー電極25Bの先端側部分からその側方へ突出する複数の第2補助電極27Bとを有する。そして、複数の第1補助電極27Aは、第2バスバー21B側の縁部27aが、先端側ほど第2バスバー21B側に位置し、複数の第2補助電極27Bは、第1バスバー21A側の縁部27aが、先端側ほど第1バスバー21A側に位置する。

[0056] 従って、各補助電極27は、自己とは電位の異なる（所属する櫛歯電極13が異なる）電極指23の先端との距離を確保しつつ、電極指23とダミー電極25との間隙 s_1 を、SAWの伝搬方向（ x 方向）に見て、縮小することができる。その結果、互いに電位の異なる電極指23とダミー電極25とが（例えば第1電極指23Aと第2ダミー電極25Bとが）短絡することが抑制されるとともに、SAWが間隙 s_1 において発散してSAWの伝搬損失が生じることが抑制される。

[0057] IDT電極5は、複数の第1電極指23A、複数の第2電極指23B、複数の第1ダミー電極25A、および複数の第2ダミー電極25Bの先端の y 方向における位置が伝搬方向（ x 方向）に対して変化するアポダイズ電極である。

[0058] このようなアポダイズ電極においては、横モードのスプリアスの発生が抑制されるが、交差幅 W が狭くなる位置において間隙 s_1 が1対のバスバー21間の中央側に位置するようになるので、SAWの発散が生じやすい。従っ

て、このようなアポダイズ電極においては、補助電極 27 による SAW の発散抑制効果が顕著に現れる。そして、横モードのスプリアスの発生抑制および SAW の伝搬損失抑制において優れた SAW 素子が得られる。

[0059] 複数の第 1 ダミー電極 25 A の少なくとも一部は、両隣に第 1 電極指 23 A が位置し、先端側部分からその側方両側に 1 対の第 1 補助電極 27 A が突出する。そして、1 対の第 1 補助電極 27 A は、いずれも、第 2 バスバー 21 B 側の縁部 27 a が先端側ほど第 2 バスバー 21 B 側に位置している。第 2 櫛歯電極 13 B 側においても同様である。

[0060] 従って、2 つの補助電極 27 が間隙 s1 を挟み込むように配置されることになり、伝搬方向の双方向の SAW、別の観点では、励起された SAW および反射された SAW の双方の発散を好適に抑制できる。また、間隙 s1 の周辺に補助電極 27 の面積を確保しやすくなり、この点からも、SAW の発散抑制効果が向上する。

[0061] 複数の第 1 補助電極 27 A は、先端が複数の第 1 電極指 23 A に接続され、複数の第 2 補助電極 27 B は、先端が複数の第 2 電極指 23 B に接続されている。

[0062] 従って、同電位となるべき電極指 23、ダミー電極 25、および補助電極 27 の電位が相対的に安定し、IDT 電極 5 の電気特性が安定することが期待される。また、ダミー電極 25 や電極指 23 は、プロセス上の問題によって根元部分で欠落が生じて、隣の電極指 23 またはダミー電極 25 と補助電極 27 を介して接続されているため、電気的な接続が保たれる。このため、歩留まりの向上が期待される。また、上述のように、両隣に電極指 23 が位置するダミー電極 25 の側方両側に第 1 補助電極 27 A が設けられる場合には、交差範囲 R1 の外側において、ダミー電極 25 の先端とダミー電極 25 に並列に並ぶ電極指 23 との隙間が SAW の伝搬方向の（概ね）全体に亘って塞がれることになるので、交差範囲 R1 の外側への SAW の発散が抑制されることが期待される。

[0063] SAW 素子 1 は、IDT 電極 5 および基板 3 の上面 3 a を覆い、基板 3 の

上面 3 a からの厚み T が I D T 電極 5 の厚み e よりも大きい $S i O_2$ からなる保護層 1 1 をさらに有し、I D T 電極は、 $A l$ または $A l$ を主成分とする合金からなる。

[0064] 従って、既に述べたように、温度特性に優れた S A W 素子が得られる。また、間隙 s 1 には、I D T 電極 5 と同様の音響インピーダンスを有する保護層 1 1 が存在することになる。その結果、間隙 s 1 における S A W の発散が抑制され、その発散抑制効果が補助電極 2 7 による発散抑制効果に上乗せされ、S A W の伝搬損失の抑制が一層図られることが考えられる。別の観点では、保護層 1 1 が S A W の発散抑制に寄与し得るから、補助電極 2 7 を小さくすることが可能であり、ひいては、異なる電位となるべき電極指 2 3 とダミー電極 2 5 との距離を確保することができる。

[0065] S A W 素子 1 は、I D T 電極 5 の上面に位置し、保護層 1 1 に覆われ、I D T 電極 5 の材料および保護層 1 1 の材料に比較して音響インピーダンスが大きくかつ弾性波の伝搬速度が遅い材料からなる付加膜 9 をさらに有する。

[0066] 従って、既に述べたように、保護層 1 1 の反射係数に関する短所を補うことができる。付加膜 9 が設けられると、保護層 1 1 による間隙 s 1 における S A W の発散抑制効果は低減する。従って、補助電極 2 7 による発散抑制効果が顕著となる。そして、温度特性に優れ、S A W の反射係数を十分に確保でき、かつ S A W の伝搬損失抑制において優れた S A W 素子が得られる。

[0067] (変形例)

図 5 (a) ~ 図 5 (d) は、補助電極の平面形状の変形例を示す図 1 (b) に対応する図である。なお、これらの図においては、第 2 バスバー 2 1 B 側の第 2 補助電極 2 7 B、1 2 7 B、および 2 2 7 B の形状が示されているが、第 1 バスバー 2 1 A 側の第 1 補助電極の形状も、第 2 補助電極の形状と同様である。

[0068] 図 5 (a) の変形例においては、補助電極 1 2 7 は、先端が同電位となるべき電極指 2 3 に接続されていない。この場合であっても、実施形態の補助電極 2 7 と同様に、異なる電位となるべき電極指 2 3 との短絡を抑制しつつ

、間隙 s 1 における S A W の発散を抑制できる。

[0069] 図 5 (b) の変形例においては、実施形態と同様の補助電極 2 7 が、ダミー電極 2 5 の側方一方側にのみ設けられている。この場合であっても、実施形態と同様に、異なる電位となるべき電極指 2 3 との短絡を抑制しつつ、間隙 s 1 における S A W の発散を抑制できる。

[0070] 図 5 (c) の変形例においては、補助電極 2 7 および 2 2 7 が設けられている。補助電極 2 7 および 2 2 7 は（その交差範囲 R 1 （図 1 (a) 参照）側の縁部は）、いずれも S A W の伝搬方向（x 方向）に対してダミー電極 2 5 の先端を結んだ線に沿う側に傾斜して延び、好適には、ダミー電極 2 5 の先端を結んだ線に沿って延びている。

[0071] 補助電極 2 7 は、実施形態と同様に、先端側ほど交差範囲 R 1 側に位置するものであり、補助電極 2 2 7 は、実施形態とは逆に、先端側ほど交差範囲 R 1 とは反対側に位置するものである。各ダミー電極 2 5 は、交差範囲 R 1 の形状に応じて（x 方向の位置に応じて）、側方一方側に補助電極 2 7 が設けられるとともに側方他方側に補助電極 2 2 7 が設けられたり（図 5 (c) に例示する部分）、側方両側に補助電極 2 7 が設けられたり、側方両側に補助電極 2 2 7 が設けられたりする。

[0072] この変形例においても、実施形態と同様に、異なる電位となるべき電極指 2 3 との短絡を抑制しつつ、間隙 s 1 における S A W の発散を抑制できる。また、交差範囲 R 1 の形状と補助電極 2 7 および 2 2 7 の形状とが一致することから、予想外の S A W の発散や反射が生じることが抑制されることが期待される。

[0073] 図 5 (d) の変形例においては、ダミー電極 2 5 の片側にのみ図 5 (c) の補助電極 2 2 7 が設けられている。この場合であっても、実施形態と同様に、異なる電位となるべき電極指 2 3 の先端との距離を確保して短絡を抑制しつつ、間隙 s 1 付近における電極面積を拡大して S A W の発散を抑制できる。

[0074] なお、図 5 (b) の変形例は、図 5 (b) に示した範囲では、図 5 (c)

の変形例において補助電極 2 2 7 を省略したものと捉えることができる。同様に、図 5 (d) の変形例は、図 5 (d) に示した範囲では、図 5 (c) の変形例において補助電極 2 7 を省略したものと捉えることができる。すなわち、図 5 (b) から図 5 (d) の変形例は、アポダイズ電極において、補助電極が S A W の伝搬方向に対してダミー電極 2 5 の先端を結んだ線に沿う側に傾斜しているという同一の概念によって捉えることができる。

[0075] 図 6 は、バスバーの平面形状の変形例を示す図 1 (a) と同様の平面図である。

[0076] この変形例において、バスバー 3 2 1 は、交差範囲 R 1 側の縁部 3 2 1 a が交差範囲 R 1 の縁部が傾斜する側に傾斜して延びている。なお、縁部 3 2 1 a と交差範囲 R 1 の縁部とは、平行であってもよいし、平行でなくてもよい。

[0077] (実施例)

補助電極の形状および寸法を種々設定して、S A W 素子 1 を作製した。そして、その電気特性を調べて S A W の伝搬損失を評価した。

[0078] (比較例および実施例に共通する条件)

以下の比較例および実施例において、共通する条件は以下のとおりである。

S A W の波長 λ : $2 \mu\text{m}$

交差幅 W の最大値 : 30λ

電極指の数 : 300 本 (150 対)

ダミー電極の数 : 300 本

[0079] (S A W の伝搬損失の評価方法)

図 7 (a) および図 7 (b) は、S A W の伝搬損失の評価方法を説明する図である。

[0080] 図 7 (a) は、共振子としての S A W 素子 1 のインピーダンス特性を示す図である。同図において、横軸は、周波数 f (MHz) を示し、縦軸はインピーダンスの絶対値 $|Z|$ (Ω) およびインピーダンス Z の位相 θ (deg)

．)を示している。実線 L_z はインピーダンスの絶対値 $|Z|$ の周波数変化を示し、実線 L_θ はインピーダンスの位相 θ の周波数変化を示している。

[0081] インピーダンス特性の図においては、実線 L_z により示されるように、インピーダンスの絶対値 $|Z|$ が極小となる共振点と、インピーダンスの絶対値 $|Z|$ が極大となる反共振点とが現れる。また、共振点と反共振点との間においては、インピーダンスの位相 θ が最大位相 θ_{max} となる。

[0082] 図7(b)は、最大位相 θ_{max} とSAWの伝搬損失 L_S との関係を示す図である。同図において、横軸は伝搬損失 L_S (dB/ μ m)を示し、縦軸は最大位相 θ_{max} を示している。

[0083] この図に示されるように、共振子の損失が小さいほど、最大位相 θ_{max} は大きくなる。従って、最大位相 θ_{max} を調べることにより、共振子の損失を評価することができる。なお、損失0の理想状態では、最大位相 θ_{max} は90(deg.)となる。

[0084] 図7(a)に示されるように、位相 θ は、最大位相 θ_{max} 付近において周波数 f の変化に対して緩やかに変化している一方で、絶対値 $|Z|$ は、共振点および反共振点の付近において周波数 f の変化に対して急激に変化している。従って、最大位相 θ_{max} は、絶対値 $|Z|$ よりも安定して測定可能であり、最大位相 θ_{max} に基づく損失の評価は、絶対値 $|Z|$ に基づく損失の評価よりも誤差が小さいものと期待される。

[0085] (補助電極の形状の影響)

補助電極の形状を互いに異ならせた比較例1～3(C1～C3)および実施例1～3(E1～E3)を設定し、SAWの伝搬損失の評価を行った。なお、実施1～3において、補助電極27はすべてのダミー電極に対して設けた。

[0086] 図8は、その条件および評価結果を示す図である。同図において、横軸は、C1～C3およびE1～E3を示し、縦軸は、C1の最大位相 θ_{max} を基準とした、各比較例および実施例の最大位相 θ_{max} の改善量 $d\theta_{max}$ を示している。

[0087] 比較例 1 (C 1) は、補助電極が設けられていないものである。比較例 2 (C 2) は、ダミー電極の先端が円形に形成されたものである。実施例 1 (E 1) は、実施形態と同様に、先端側ほど交差範囲 R 1 側に位置する補助電極 2 7 がダミー電極の側方両側に設けられたものである。比較例 3 (C 3) は、S A W の伝搬方向に平行な補助電極が設けられたものである。実施例 2 (E 2) は、図 5 (d) に示した変形例と同様に、先端側ほど交差範囲 R 1 とは反対側に位置する補助電極 2 2 7 がダミー電極の側方一方側に設けられたものである。実施例 3 (E 3) は、図 5 (c) に示した変形例と同様に、ダミー電極の先端を結ぶ線に沿って、ダミー電極の側方両側に補助電極 2 7 および 2 2 7 が設けられたものである。

[0088] この図から、実施例 1 ~ 3 のいずれにおいても、比較例 1 に比較して、S A W の伝搬損失の低下が抑制されることが確認された。また、実施例 1 は、いずれの比較例および実施例よりも、S A W の伝搬損失の低下抑制の効果が大きい。実施例 3 は、比較例 2 と同等の S A W の伝搬損失の低下抑制効果を得つつ、比較例 2 に比較して、異なる電位となるべき電極指とダミー電極との短絡が抑制される。

[0089] なお、電極の出来映えのばらつきを考慮すると、最大位相 θ_{max} には 0 . 3 ° 程度の測定ばらつきが生じると考えられる。一方、補助電極 2 7 の最大位相は、補助電極 2 7 を有するダミー電極の本数に比例して改善され则认为られる。これら 2 つのことと、すべてのダミー電極に対して補助電極 2 7 を設けた実施例 1 の結果とを考慮すると、少なくとも全ダミー電極の 1 0 % 以上に補助電極 2 7 を設ければ、測定ばらつきによる値以上の効果が得られるものと考えられる。

[0090] (補助電極の寸法の影響)

実施形態と同様に、先端側ほど交差範囲 R 1 側に位置する補助電極 2 7 がダミー電極の側方両側に設けられた共振子について、各種寸法を変化させて、S A W の伝搬損失の評価を行った。

[0091] 図 9 (a) は、補助電極 2 7 の S A W の伝搬方向に直交する方向に対する

角度 α （図1（b））を変化させたときの最大位相 θ_{max} の変化を示している。横軸は角度 α （deg.）を示し、縦軸は最大位相 θ_{max} （deg.）を示している。なお、角度 α は、補助電極27の中心線を基準としている。

[0092] なお、他の条件は以下のとおりである。

補助電極27の幅 w_2 （図1（b））： $0.5\mu m$

補助電極27の接続位置（距離 d 、図1（b））： $0.75\mu m$

[0093] この図より、角度 α を小さくするほど、換言すれば、先端をより交差範囲 R_1 に近づけるほど、SAWの伝搬損失が抑制されていることが窺える。これは、角度 α が小さくなるほど、SAWの伝搬方向に見て間隙 s_1 が塞がれやすく、もしくは間隙 s_1 の近傍における電極面積が増加しやすいことから考えられる。また、この実施例においては、角度 α が 45° のときに、異なる電位となるべき補助電極27と電極指23との短絡が生じないことも確認された。

[0094] 角度 α は、 90° よりも少しでも大きくなれば、伝搬損失抑制の利益が得られる。また、実施例においては、角度 α が 60° のときに、角度 α が 90° のときと比較して有意な差（効果）が確認されている。

[0095] 一方、角度 α を小さくし過ぎると、異なる電位となるべき補助電極27と電極指23との距離 s_2 （図1（b））が短くなり、これらが短絡するおそれがある。異なる電位となるべき補助電極27と電極指23との距離 s_2 は、例えば、補助電極27の縁部27aがダミー電極25の先端縁部と一致すると仮定すると、 $s_1 \times \sin \alpha$ によって表される。 s_1 が 0.2λ 程度であると想定すると、経験的に s_2 が 0.1λ 程度までは、短絡が生じる可能性は低いことから、 $\sin \theta$ は 0.5 以上とされてよい。すなわち、 α は 30° 以上とされてよい。

[0096] 以上のことから、角度 α は、好ましくは 30° 以上 60° 以下であり、また、 s_1 、 d 、 w_2 等の条件が変化することも想定すると、より好ましくは、その中央付近の 45° 程度である。

[0097] 図9(b)は、補助電極27の幅 w_2 を変化させたときの最大位相 θ_{max} の変化を示している。横軸は幅 w_2 (μm)を示し、縦軸は最大位相 θ_{max} (deg.)を示している。

[0098] なお、他の条件は以下のとおりである。

補助電極27の角度 α : 45°

補助電極27の接続位置(距離 d) : $0.75 \mu m$

[0099] この図より、幅 w_2 を大きくしていくとSAWの伝搬損失が抑制され、さらに幅 w_2 を大きくしていくと伝搬損失の抑制効果は頭打ちとなることが窺える。これは、幅 w_2 が小さいと、補助電極27の面積が小さいために間隙 s_1 を実質的に埋める効果が十分でないこと、補助電極27において間隙 s_1 からのSAWの発散を抑制するに十分な面積が確保された上で生じる伝搬損失は、SAW素子1全体における損失の問題であって、間隙 s_1 における損失の問題ではないことから考えられる。実施例において、伝搬損失の抑制効果が頭打ちとなるのは、 $0.50 \mu m$ (0.25λ) 付近であった。

[0100] また、電位が同一となるべき電極指23、ダミー電極25、および補助電極27によって囲まれる領域を全て電極によって埋めると(ダミー電極25および補助電極27を設けずにバスバー21を太くすると)、電気特性は却って低下する。この態様は、補助電極27の幅 w_2 を極限まで大きくした態様に近似的であり、幅 w_2 に上限値があることが窺える。また、接続位置を示す距離 d にもよるが、幅 w_2 が大きくなると、異なる電位となるべき補助電極27と電極指23との距離 s_2 が短くなり、これらが短絡するおそれがある。一方、実施例においては、幅 w_2 が $1 \mu m$ (0.5λ) のときに、伝搬損失の抑制の効果が得られること、また、異なる電位となるべき補助電極27と電極指23との短絡が生じないことが確認されている。

[0101] 以上のことから、幅 w_2 は、好ましくは 0.25λ 以上 0.5λ 以下であり、別の観点では、 $0.50 \mu m$ 以上 $1 \mu m$ 以下である。

[0102] 図9(c)は、補助電極27の接続位置(距離 d)を変化させたときの最大位相 θ_{max} の変化を示している。横軸は距離 d (μm)を示し、縦軸は

最大位相 θ_{max} (deg.) を示している。

[0103] なお、他の条件は以下のとおりである。

補助電極 27 の角度 α : 45°

補助電極 27 の幅 w_2 : $0.5 \mu m$

[0104] この図より、補助電極 27 を交差範囲 R1 側へ近づけるほど SAW の伝搬損失が抑制されていることが窺える。これは、補助電極 27 が交差範囲 R1 に近づくほど、SAW の伝搬方向に見て間隙 s1 が塞がれやすく、もしくは間隙 s1 の近傍における電極面積が増加しやすいことからと考えられる。

[0105] この実施例においては、距離 d が $0.50 \mu m$ (0.25λ) 以上 $0.75 \mu m$ (0.38λ) 以下において、最大位相 θ_{max} が 83° を超える十分な伝搬損失抑制効果が得られるとともに、異なる電位となるべき補助電極 27 と電極指 23 との短絡が生じないことが確認された。従って、距離 d の好ましい範囲は、 0.25λ 以上 0.38λ 以下、別の観点では、 $0.50 \mu m$ 以上 $0.75 \mu m$ 以下である。

[0106] 本発明は、以上の実施形態に限定されず、種々の態様で実施されてよい。

[0107] 弾性波素子は、(狭義の) SAW 素子に限定されない。例えば、保護層 (11) の厚さが比較的大きい (例えば $0.5 \lambda \sim 2 \lambda$)、いわゆる弾性境界波素子 (ただし、広義の SAW 素子に含まれる。) であってもよい。なお、弾性境界波素子においては、振動空間 (33a) の形成は不要であり、ひいては、カバー 33 等も不要である。

[0108] 弾性波素子は、ウェハレベルパッケージのものに限定されない。例えば、SAW 素子は、カバー 33 および端子 35 等を有さず、基板 3 の上面 3a 上のパッド 39 と、回路基板 53 の実装用パッド 55 とが半田 57 によって直接接着されてもよい。そして、SAW 素子 1 (保護層 11) と回路基板 53 の実装面 53a との隙間によって振動空間が形成されてよい。また、ウェハレベルパッケージの弾性波素子も、端子が設けられず、実装用パッド 55 に配置された半田ボールにパッド 39 が当接する構成とされるなど、種々の構成とされてよい。

- [0109] IDT電極は、交差幅が弾性波の伝搬方向において変化するアポダイズ電極に限定されず、交差幅が一定のものであってもよい。この場合であっても、SAWが間隔 s_1 において発散することによる伝搬損失を抑制することができる。第1電極指および第2電極指は、弾性波の伝搬方向の全体に亘って交互に配置されていなくてもよく、一部において、第1電極指同士もしくは第2電極指同士が弾性波の半波長程度で隣接していてもよい。
- [0110] 補助電極の形状は、実施形態や変形例において例示したものに限定されない。
- [0111] 例えば、実施形態の補助電極のように、交差範囲(R1)側の縁部(27a)が、先端側ほど交差範囲側に位置する補助電極においては、交差範囲とは反対側の縁部(27b)は、先端側ほど交差範囲側に位置している必要はない。
- [0112] 例えば、図10(a)に例示するように、補助電極427は、交差範囲側(第1電極指23A側)の縁部427aが先端側ほど交差範囲側に位置している一方で、その反対側の縁部427bはSAWの伝搬方向に平行であってもよい。
- [0113] さらに、交差範囲とは反対側の縁部(427b等)は、先端側ほど交差範囲とは反対側に位置していてもよい。また、別の観点では、交差範囲側の縁部(427a等)とその反対側の縁部(427b等)とは互いに平行でなくてもよい。すなわち、これら縁部は、先端側ほど互いの距離が長くなってもよいし、先端側ほど互いの距離が短くなってもよいし、根元と先端との双方において互いの距離が長くもしくは短くなってもよい。
- [0114] また、実施形態では、電極指23等の先端が角部を有する矩形状に形成されたが、角部は丸められてもよい。
- [0115] 例えば、図10(b)に例示するように、電極指523の先端の角部は丸められて(曲線によって面取りされて)いてもよい。なお、面取りが大きい場合には、電極指523の先端の縁部全体が突状の曲線状となる(図10(b)の例)。

- [0116] 同様に、補助電極 5 2 7 の交差範囲側（第 1 電極指 5 2 3 A 側）の縁部 5 2 7 a とダミー電極 5 2 5 の先端縁部とが交差する角部、および縁部 5 2 7 a と電極指 5 2 3 の補助電極 5 2 7 側の縁部とが交差する角部も丸められていてもよい。この面取りによって、縁部 5 2 7 a は、電極指 5 2 3 側を凹とする凹状に延びている。なお、面取りが大きい場合には、補助電極 5 2 7 の縁部 5 2 7 a およびダミー電極 5 2 5 の先端縁部全体が電極指 5 2 3 の先端側を凹とする曲線状となる。
- [0117] このような形状とすることにより、角部が丸められていない場合に比較して、電極指 5 2 3 の先端と縁部 5 2 7 a との距離を確保しやすくなり（さらには距離を一定にでき）、かつ間隙 s 1 の近傍における電極面積を大きくすることができる。
- [0118] なお、図 1 0（b）に示すような曲線を含む形状は、当初から曲線を形成することを意図してフォトリソに曲線を含むパターンが形成されてもよいし、フォトリソには直線の組み合わせからなる（角部を含む）パターンが形成され、エッチングの条件を調整することにより、角部を丸めたり、角部近傍の直線を曲線にしたりしてもよい。
- [0119] また、ダミー電極の先端縁部と、当該ダミー電極から突出する補助電極の交差範囲側の縁部とは、SAW の伝搬方向に直交する方向の位置が一致していなくてもよい。
- [0120] 例えば、図 1 1 に示すように、補助電極 2 7 の縁部 2 7 a は、ダミー電極 2 5 の先端縁部に対して当該ダミー電極 2 5 の根元側にずれていてもよい。換言すれば、ダミー電極 2 5 の先端が補助電極 2 7 の縁部 2 7 a から突出していてもよい。
- [0121] この場合であっても、間隙 s 1 近傍において電極面積が確保されることによって、より好ましくは、SAW の伝搬方向に見て補助電極 2 7 の縁部 2 7 a が間隙 s 1 の少なくとも一部を塞ぐことによって、実施形態と同様の効果が奏される。
- [0122] 実施形態および変形例は、適宜に組み合わせられてもよい。例えば、図 5（

b) および図5 (d) に示した変形例は、一のIDT電極内において混在していてもよいし、図10 (b) に示した面取りは、図5 (a) ~図5 (d) の変形例に適用されてもよい。

[0123] 弾性波素子において、保護層11および付加膜9は必須の要件ではなく、また、保護層は、腐食防止のみを目的として設けられ、電極指の厚みよりも薄くされてもよい。

[0124] 保護層11の上面は、電極指の位置において凸となるように、凹凸を有していてもよい。この場合、電極指とその非配置位置における反射係数を高くすることができる。当該凹凸は、図3 (e) を参照して説明したように、保護層の成膜時に電極指の厚みに起因して形成されるものであってもよいし、保護層の表面を電極指の間の領域においてエッチングして形成されるものであってもよい。

[0125] 付加膜は、電極の全面に亘って設けられることが好ましい。ただし、付加膜は、電極指のみに設けられるなど、電極の一部にのみ設けられてもよい。さらに、付加膜は、電極指の長手方向に見て中央側の一部のみに設けられるなどしてもよい。また、付加膜は、電極の上面だけでなく、側面にも設けられてもよい。付加膜の材料は、導電材料であってもよいし、絶縁材料であってもよい。具体的には、タングステン (W)、イリジウム (Ir)、タンタル (Ta)、銅 (Cu) などの導電材料、 $Ba_x Sr_{1-x} O_3$ 、 $Pb_x Zn_{1-x} O_3$ 、 ZnO_3 などの絶縁材料を付加膜の材料として挙げることができる。

[0126] 付加膜を絶縁材料で形成することによって、付加膜を金属材料によって形成したものに比べて、電極の腐食を抑制し弾性波素子の電気特性を安定化させることができる。なぜならば、 SiO_2 からなる保護層にはピンホールが形成されることがあり、このピンホールが形成されると、これを介して電極部分まで水分が浸入することとなるが、電極上に電極材料と異なる材料からなる金属膜が配置されていると、浸入した水分によって、異種金属間の電池効果による腐食が発生するからである。よって、付加膜を Ta_2O_5 などの絶縁材料で形成すれば、電極と付加膜との間において電池効果は殆ど発生しない

ため、電極の腐食が抑制された信頼性の高い弾性波素子とすることができる。

[0127] 基板は、 $128^{\circ} \pm 10^{\circ}$ Y-Xカットの LiNbO_3 基板の他にも、例えば、 $38.7^{\circ} \pm$ Y-Xカットの LiTaO_3 などを用いることができる。電極（電極指）の材料は、AlおよびAlを主成分とする合金に限定されず、例えば、Cu、Ag、Au、Pt、W、Ta、Mo、Ni、Co、Cr、Fe、Mn、Zn、Tiであってもよい。保護層の材料は、 SiO_2 に限定されず、例えば、 SiO_2 以外の酸化珪素であってもよい。

符号の説明

[0128] 1, 31…SAW素子（弾性波素子）、3…基板（圧電基板）、3a…上面、5…IDT電極（電極）、9…付加膜、11…保護層、21…バスバー、23…電極指、25…ダミー電極、27…補助電極、51…SAW装置（弾性表面波装置）、53…回路基板

請求の範囲

[請求項1]

圧電基板と、

該圧電基板の上面に位置する I D T 電極と、

を備え、

該 I D T 電極は、

弾性波の伝搬方向に直交する方向において互いに対向する第 1 バスバーおよび第 2 バスバーと、

前記第 1 バスバーから前記第 2 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された複数の第 1 電極指と、

前記第 2 バスバーから前記第 1 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、前記複数の第 1 電極指と互いに交差する複数の第 2 電極指と、

前記第 1 バスバーから前記第 2 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、先端が前記複数の第 2 電極指の先端と間隙を介して対向する複数の第 1 ダミー電極と、

前記第 2 バスバーから前記第 1 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、先端が前記複数の第 1 電極指の先端と間隙を介して対向する複数の第 2 ダミー電極と、

前記複数の第 1 ダミー電極の先端側部分からその側方へ突出する複数の第 1 補助電極と、

前記複数の第 2 ダミー電極の先端側部分からその側方へ突出する複数の第 2 補助電極と、

を有し、

前記複数の第 1 補助電極の少なくとも一部の第 1 補助電極は、前記第 2 バスバー側の縁部が先端側ほど前記第 2 バスバー側に位置し、

前記複数の第 2 補助電極の少なくとも一部の第 2 補助電極は、前記第 1 バスバー側の縁部が先端側ほど前記第 1 バスバー側に位置する弾性波素子。

- [請求項2] 前記 I D T 電極は、前記複数の第 1 電極指と前記複数の第 2 電極指との交差幅が前記伝搬方向において変化するアポダイズ電極である
請求項 1 に記載の弾性波素子。
- [請求項3] 前記複数の第 1 ダミー電極の少なくとも一部の第 1 ダミー電極は、両隣に前記第 1 電極指が位置し、先端側部分からその側方両側に 1 対の前記第 1 補助電極が突出し、
該 1 対の第 1 補助電極は、いずれも前記第 2 バスバー側の縁部が先端側ほど前記第 2 バスバー側に位置し、
前記複数の第 2 ダミー電極の少なくとも一部の第 2 ダミー電極は、両隣に前記第 2 電極指が位置し、先端側部分からその側方両側に 1 対の前記第 2 補助電極が突出し、
該 1 対の第 2 補助電極は、いずれも前記第 1 バスバー側の縁部が先端側ほど前記第 1 バスバー側に位置している
請求項 1 または 2 に記載の弾性波素子。
- [請求項4] 前記複数の第 1 ダミー電極の少なくとも一部の第 1 ダミー電極は、両隣に前記第 1 電極指が位置し、先端側部分からその側方両側に 1 対の前記第 1 補助電極が突出し、
該 1 対の第 1 補助電極は、いずれも前記第 2 バスバー側の縁部が前記伝搬方向に対して前記複数の第 1 ダミー電極の先端を結んだ線に沿う側に傾斜して延び、
前記複数の第 2 ダミー電極の少なくとも一部の第 2 ダミー電極は、両隣に前記第 2 電極指が位置し、先端側部分からその側方両側に 1 対の前記第 2 補助電極が突出し、
該 1 対の第 2 補助電極は、いずれも前記第 1 バスバー側の縁部が前記伝搬方向に対して前記複数の第 2 ダミー電極の先端を結んだ線に沿う側に傾斜して延びている
請求項 2 に記載の弾性波素子。
- [請求項5] 前記複数の第 1 補助電極は、先端が前記複数の第 1 電極指に接続さ

れているとともに、前記複数の第1補助電極の第2バスバー側の縁部と前記第1ダミー電極の先端縁部とが交差する角部および前記複数の第1補助電極の第2バスバー側の縁部と該第1補助電極に隣接する第1電極指の縁部とが交差する角部は、それぞれ丸みを帯びるように面取りされており、

前記複数の第2補助電極は、先端が前記複数の第2電極指に接続されているとともに、

前記複数の第2補助電極の第1バスバー側の縁部と前記第2ダミー電極の先端縁部とが交差する角部および前記複数の第2補助電極の第1バスバー側の縁部と該第2補助電極に隣接する第2電極指の縁部とが交差する角部は、それぞれ丸みを帯びるように面取りされている

請求項3または4に記載の弾性波素子。

[請求項6] 前記複数の第1補助電極は、先端が前記複数の第1電極指に接続され、

前記複数の第2補助電極は、先端が前記複数の第2電極指に接続されている

請求項1～4のいずれか1項に記載の弾性波素子。

[請求項7] 前記IDT電極および前記圧電基板の上面を覆っている、前記圧電基板の上面からの厚みが前記IDT電極の厚みよりも大きい SiO_2 からなる保護層をさらに備え、

前記IDT電極は、Alを主成分とする材料からなる

請求項1～6のいずれか1項に記載の弾性波素子。

[請求項8] 前記IDT電極の上面に位置し、前記保護層に覆われた、前記IDT電極の材料および前記保護層の材料に比較して音響インピーダンスが大きくかつ弾性波の伝搬速度が遅い材料を主成分とする付加膜をさらに備える

請求項7に記載の弾性波素子。

[請求項9] 圧電基板と、

該圧電基板の上面に位置する I D T 電極と、

を備え、

該 I D T 電極は、

弾性波の伝搬方向に直交する方向において互いに対向する第 1 バスバーおよび第 2 バスバーと、

前記第 1 バスバーから前記第 2 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された複数の第 1 電極指と、

前記第 2 バスバーから前記第 1 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、前記複数の第 1 電極指と互いに交差する複数の第 2 電極指と、

前記第 1 バスバーから前記第 2 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、先端が前記複数の第 2 電極指の先端と間隙を介して対向する複数の第 1 ダミー電極と、

前記第 2 バスバーから前記第 1 バスバーに向かって延び、前記伝搬方向に配列された、先端が前記複数の第 1 電極指の先端と間隙を介して対向する複数の第 2 ダミー電極と、

前記複数の第 1 ダミー電極の先端側部分から前記伝搬方向に対して斜めに突出する第 1 補助電極と、

前記複数の第 2 ダミー電極の先端側部分から前記伝搬方向に対して斜めに突出する第 2 補助電極と、

を有する弾性波素子。

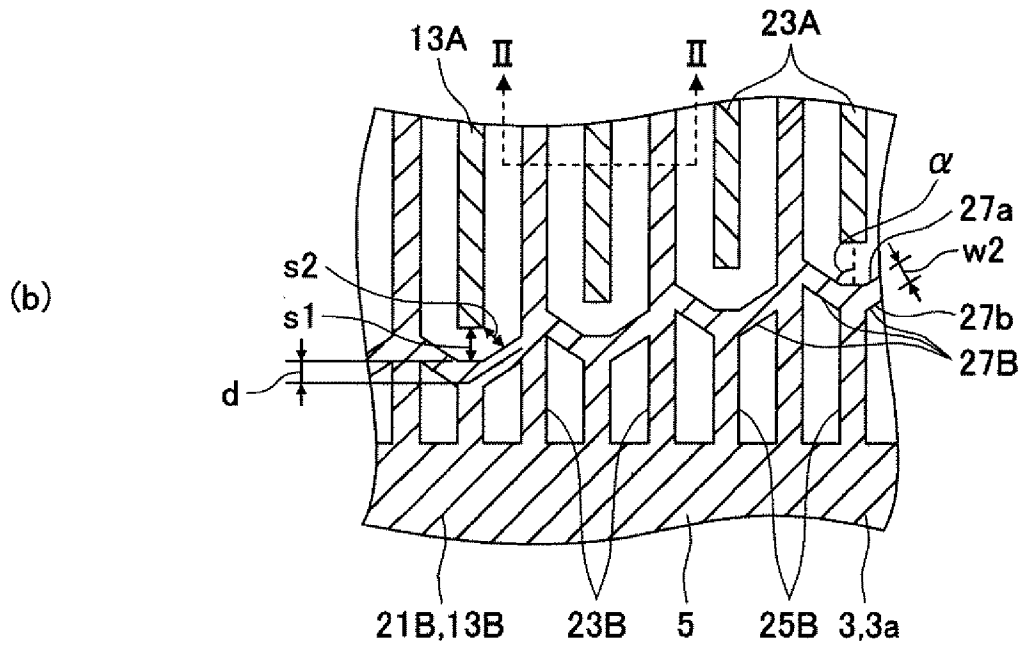
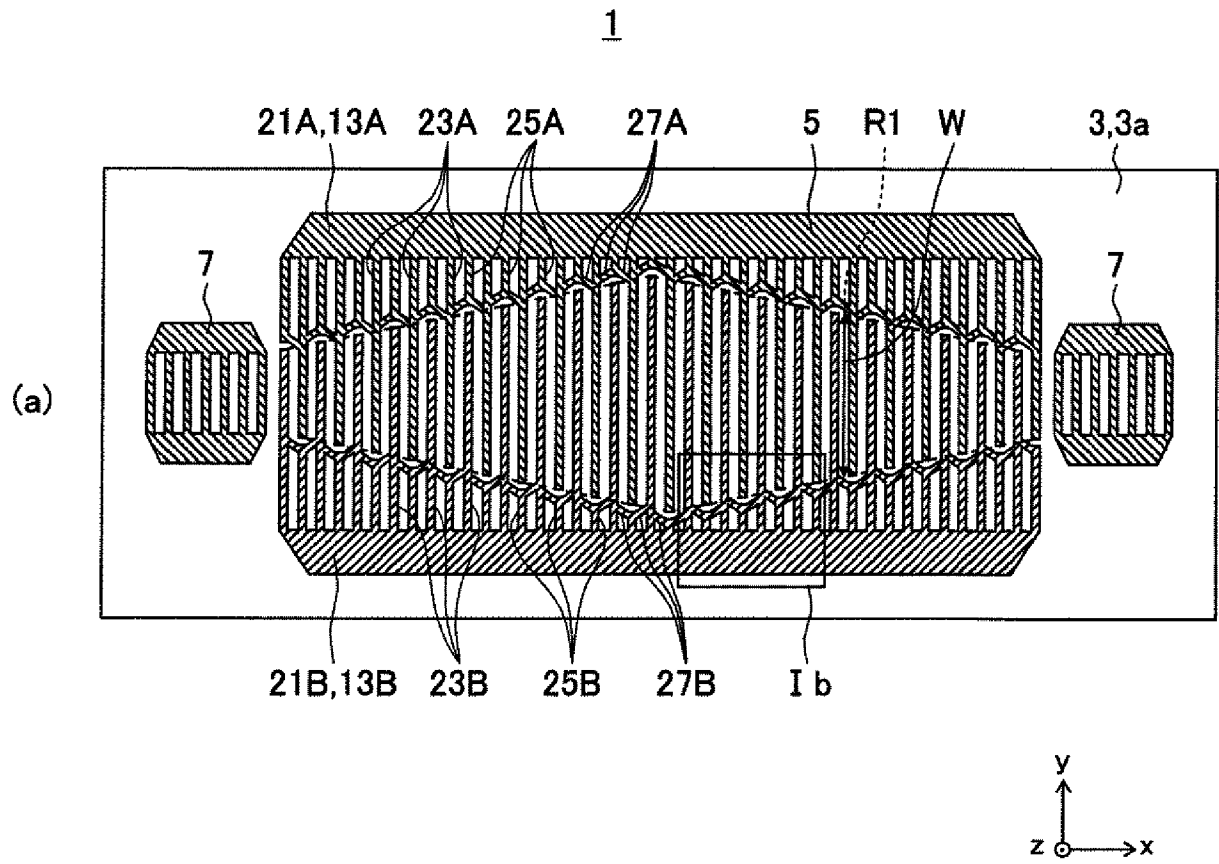
[請求項10]

請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の弾性波素子と、

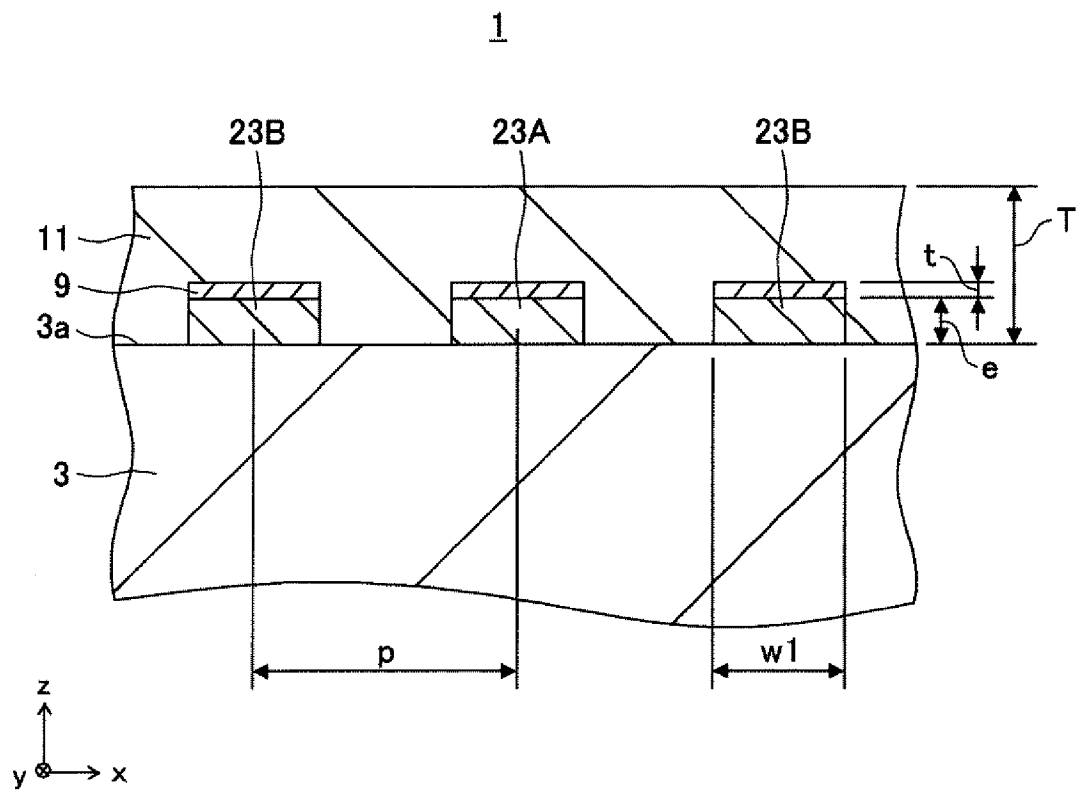
該弾性波素子が実装される回路基板と、

を備える弾性波装置。

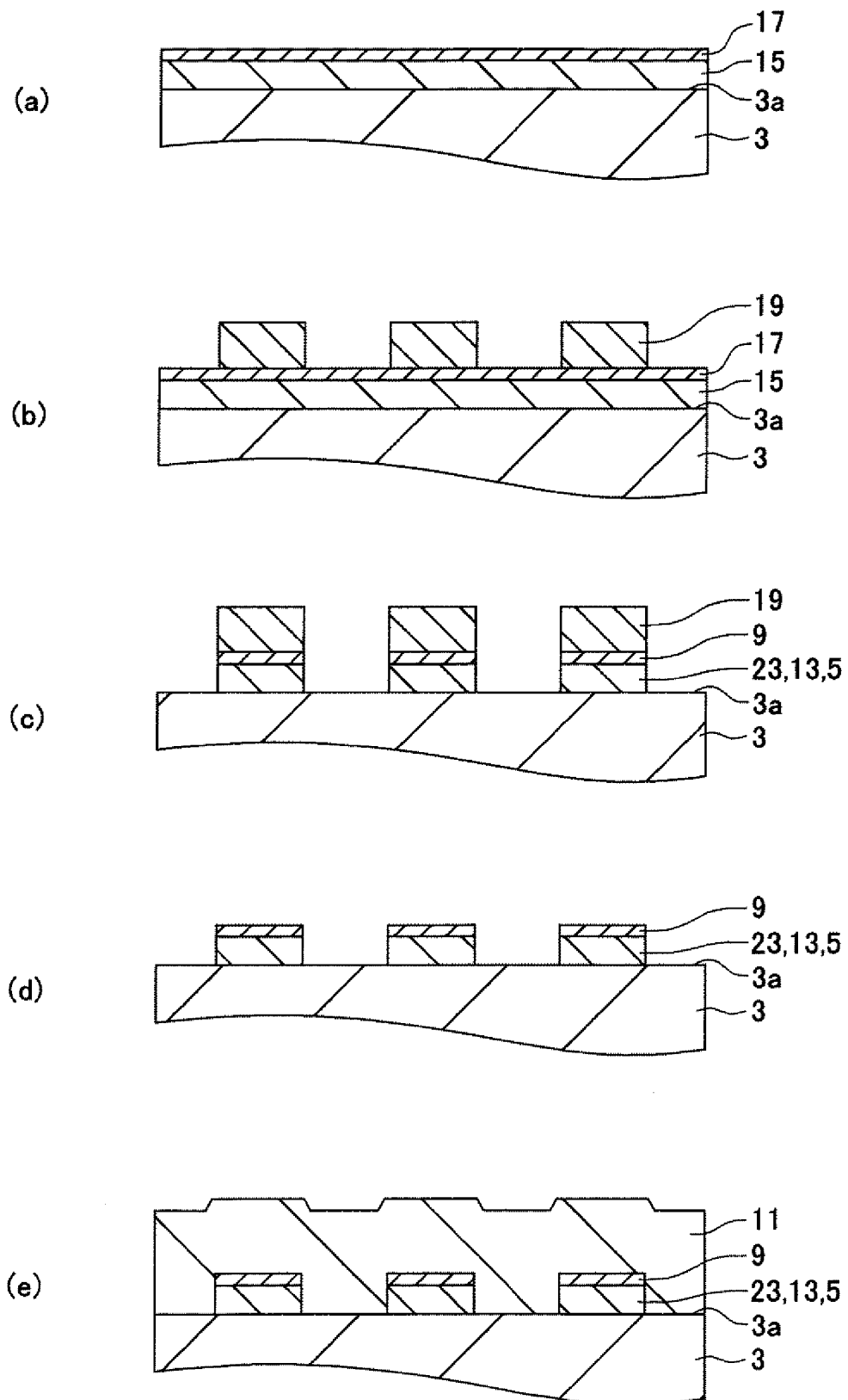
[図1]



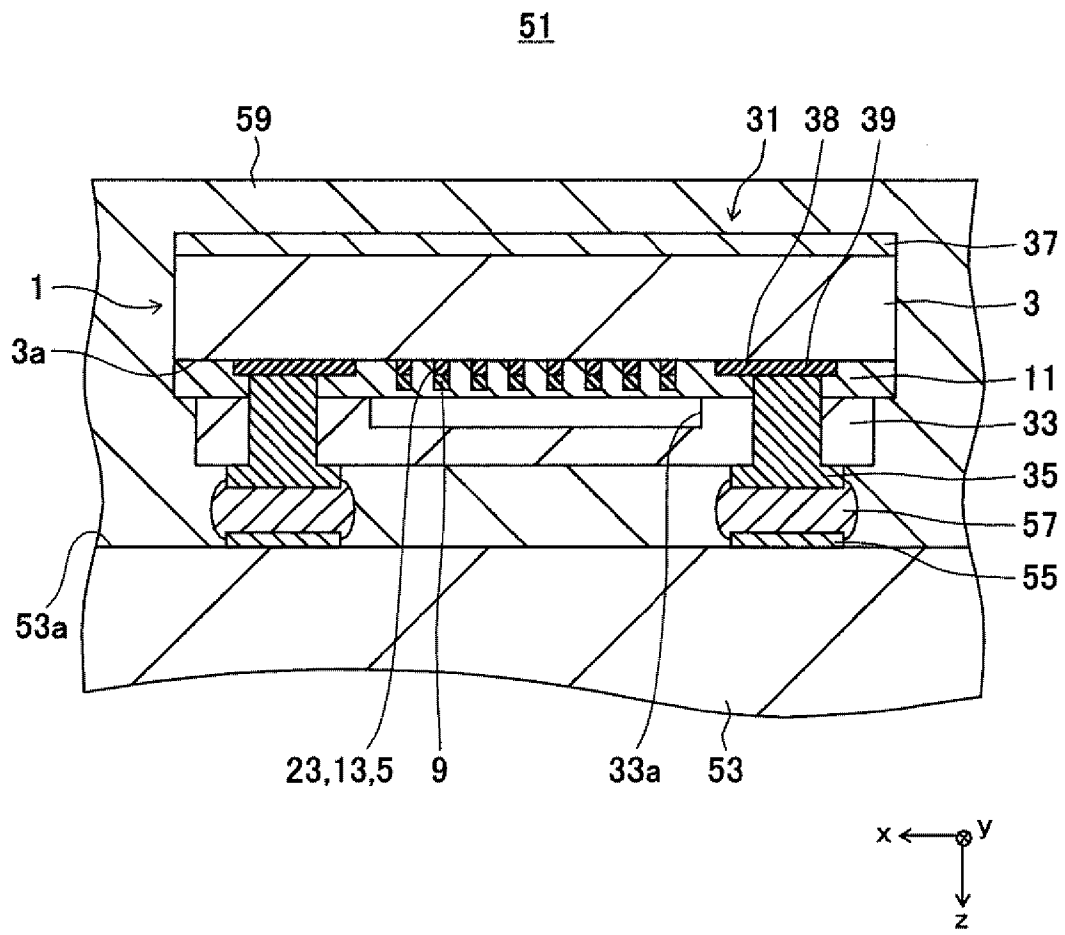
[図2]



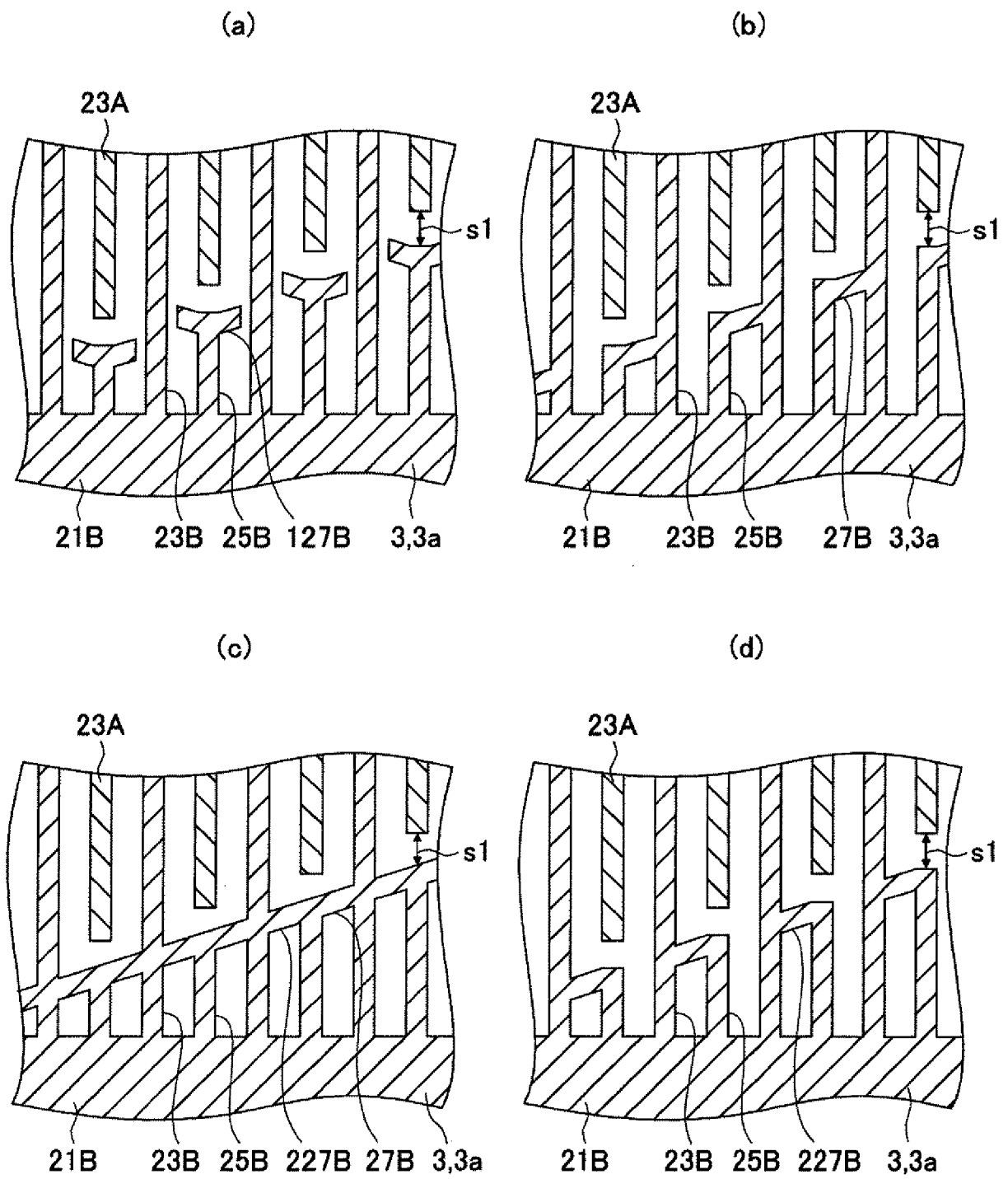
[図3]



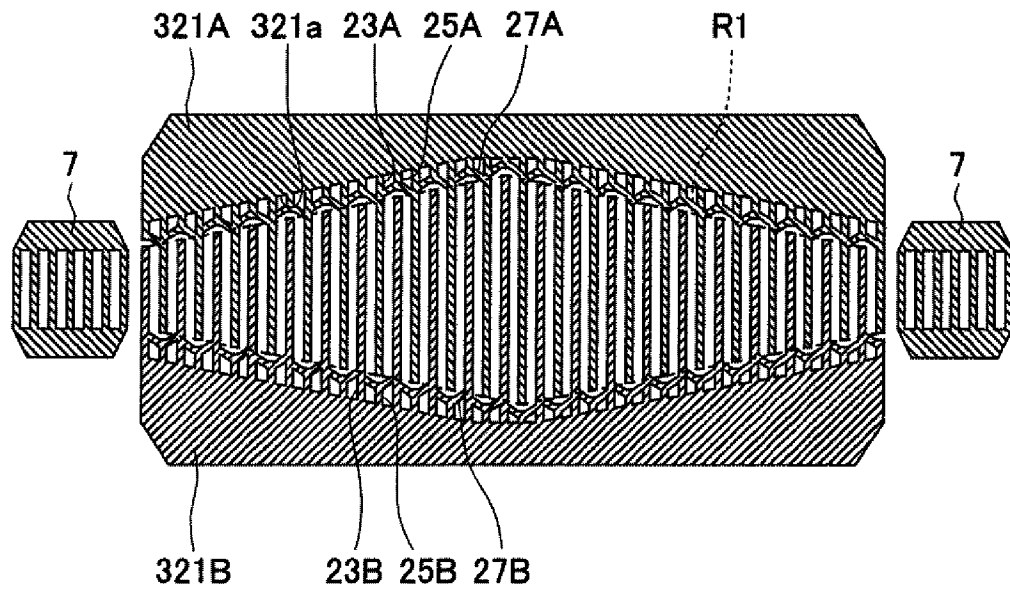
[図4]



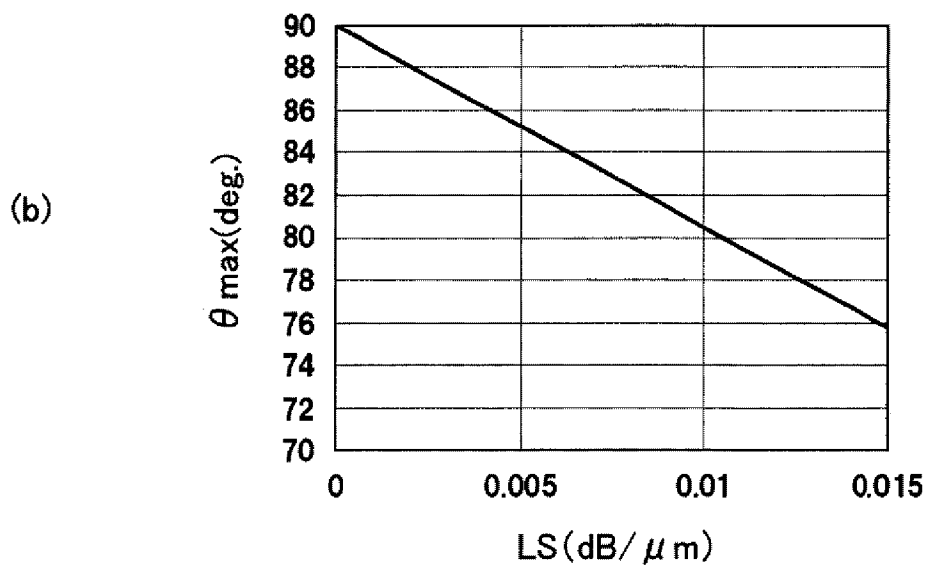
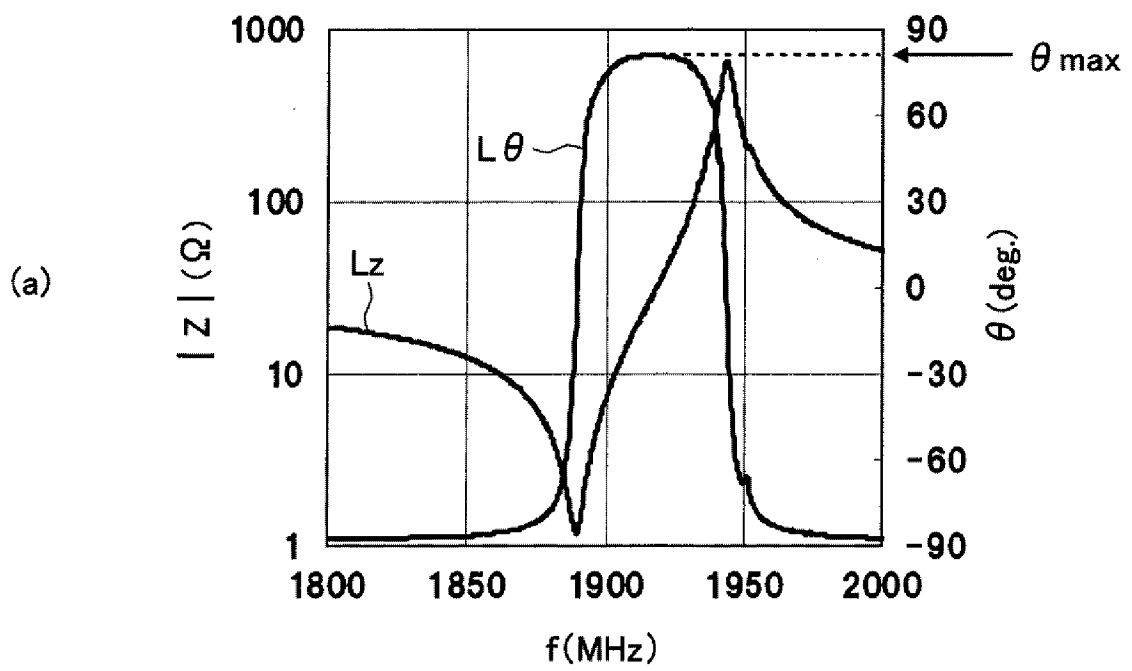
[図5]



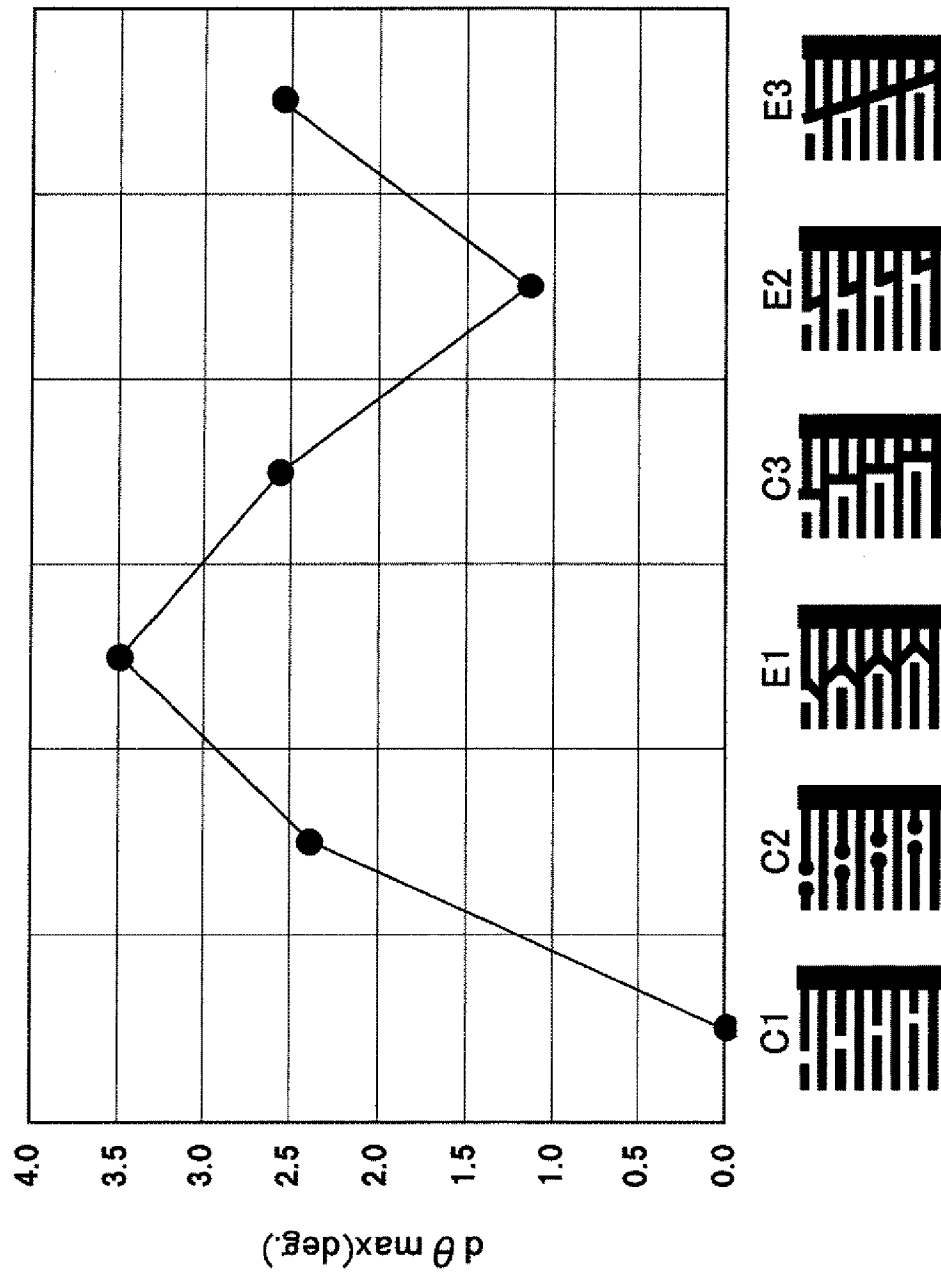
[図6]



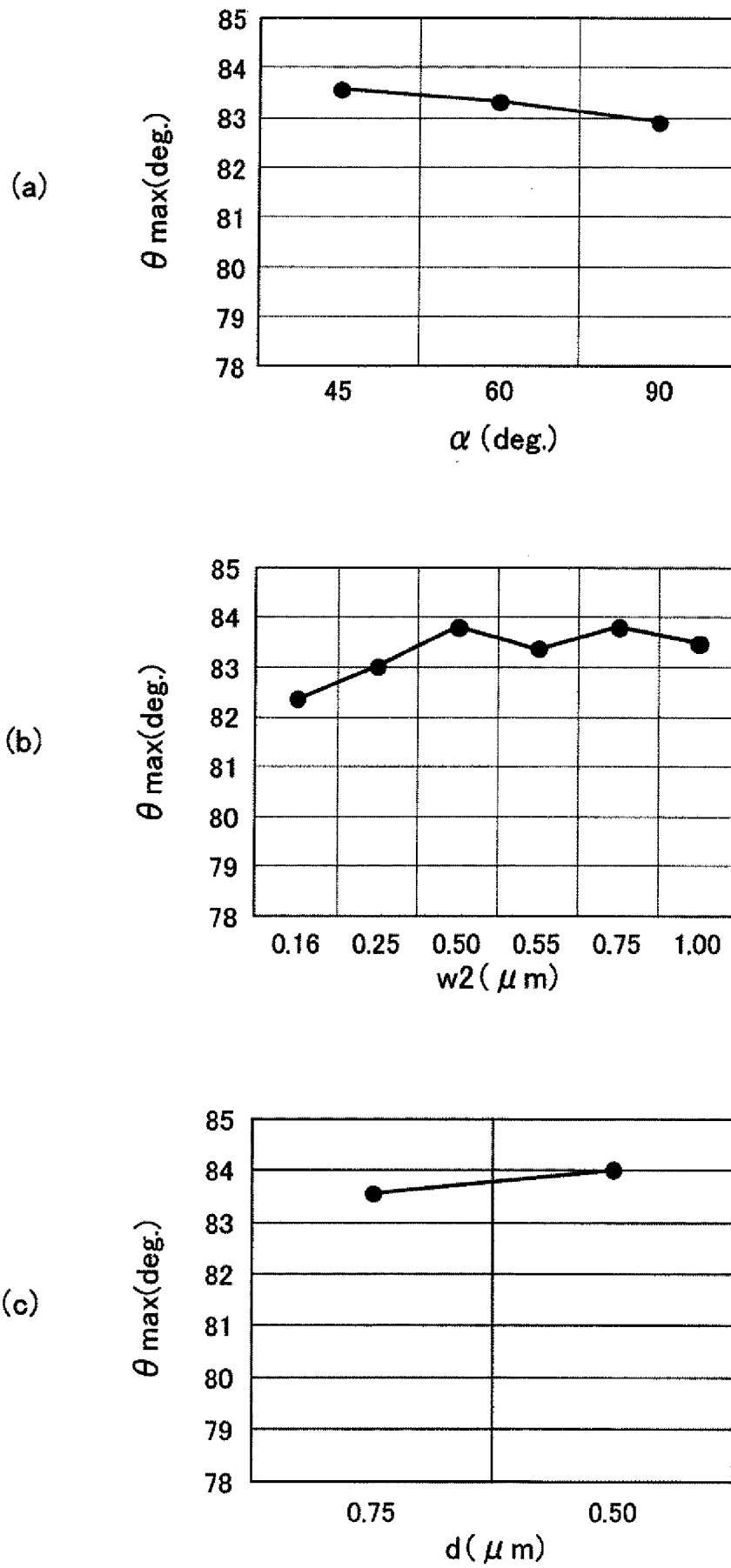
[図7]



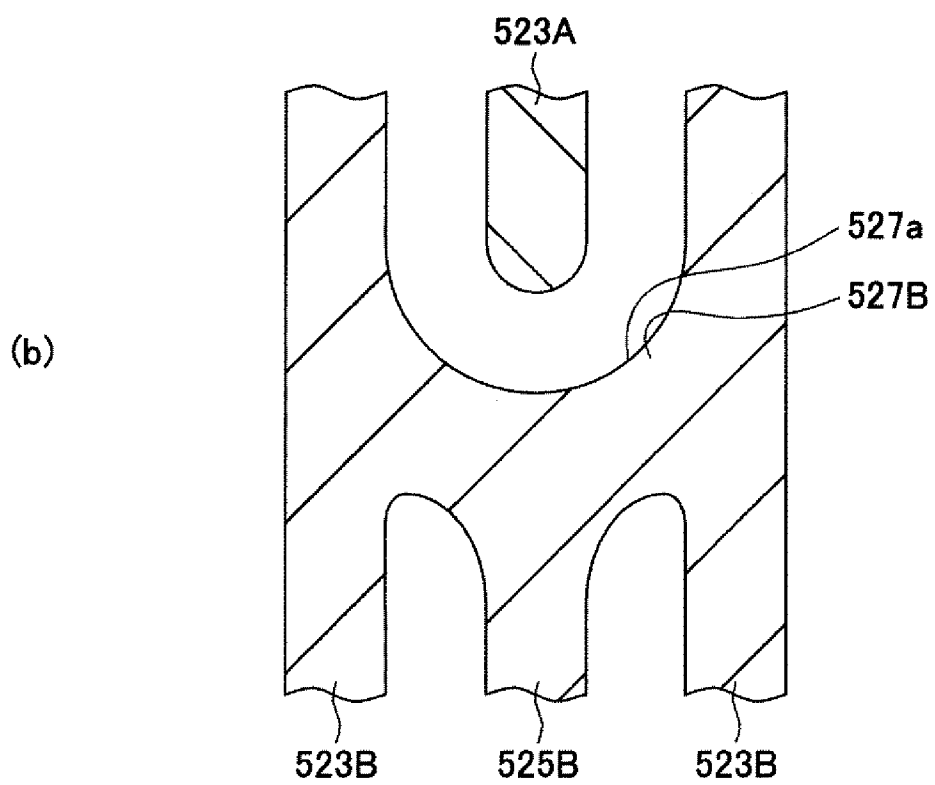
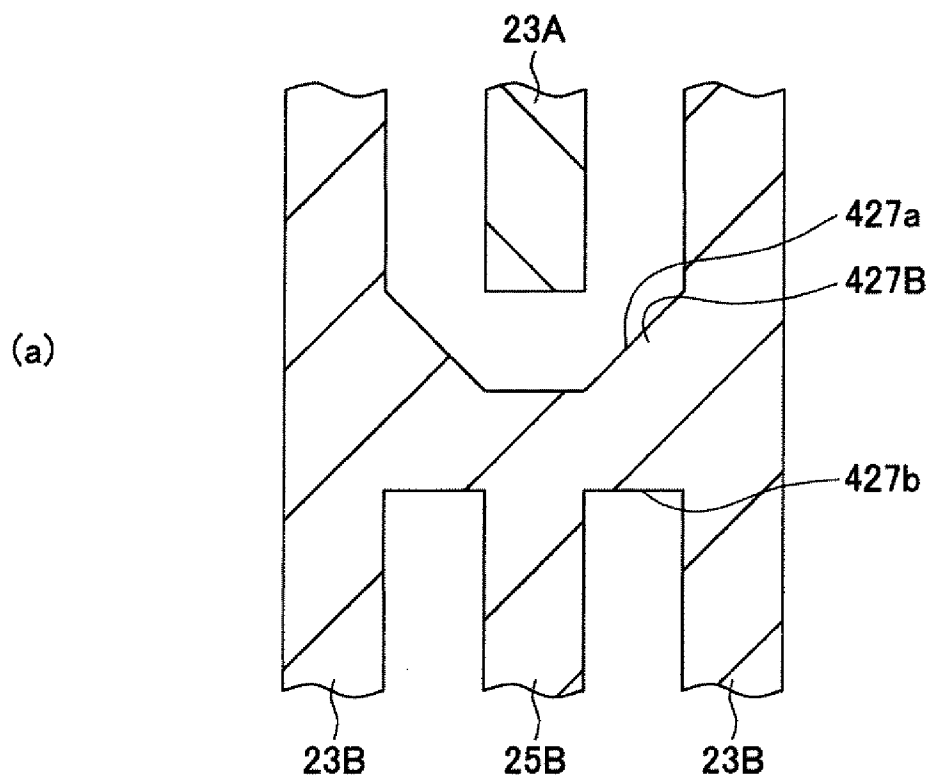
[図8]



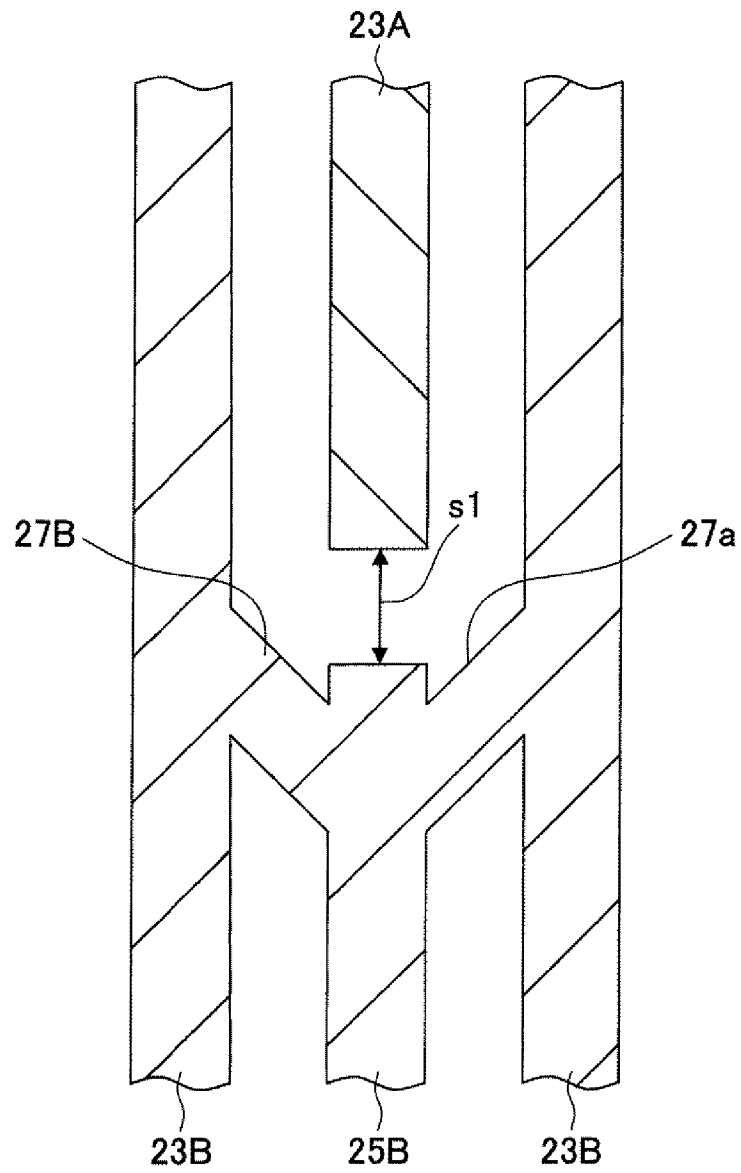
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/056408

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/145 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03H9/145

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2006-186435 A (Kyocera Corp.),	9
Y	13 July 2006 (13.07.2006),	10
A	paragraphs [0012], [0014], [0027]; fig. 1, 6 (Family: none)	1-8
X	WO 2008/126614 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.),	9
Y	23 October 2008 (23.10.2008),	10
A	paragraphs [0036], [0043], [0044], [0048], [0057]; fig. 1 & US 2009/0295507 A1 & EP 2128982 A1 & CN 101595641 A & KR 10-2009-0125104 A	1-8
Y	JP 2008-306773 A (Panasonic Corp.),	10
A	18 December 2008 (18.12.2008), paragraph [0025] & US 2003/0107454 A1 & EP 1315297 A2 & CN 1418031 A & KR 10-2003-0035991 A	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 May, 2012 (02.05.12)Date of mailing of the international search report
22 May, 2012 (22.05.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/056408

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-213174 A (Kyocera Corp.), 17 September 2009 (17.09.2009), paragraph [0027] (Family: none)	10 1-8
A	JP 6-31222 U (Kokusai Electric Co., Ltd.), 22 April 1994 (22.04.1994), paragraphs [0004], [0005]; fig. 1 (Family: none)	1-10
A	JP 10-224177 A (Seiko Epson Corp.), 21 August 1998 (21.08.1998), paragraphs [0031] to [0033]; fig. 3 (Family: none)	1-10
A	JP 2004-343259 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 02 December 2004 (02.12.2004), paragraph [0015]; fig. 2, 3 (Family: none)	1-10
A	JP 2006-246510 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 14 September 2006 (14.09.2006), paragraphs [0090] to [0099]; fig. 17 (Family: none)	1-10
A	JP 2007-96527 A (Epson Toyocom Corp.), 12 April 2007 (12.04.2007), paragraphs [0008], [0009]; fig. 3 (Family: none)	1-10
A	JP 4-122114 A (Hitachi, Ltd.), 22 April 1992 (22.04.1992), page 3, lower right column, line 7 to page 4, lower left column, line 11; fig. 1A (Family: none)	1-10
A	WO 2008/035525 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 27 March 2008 (27.03.2008), paragraphs [0067] to [0069]; fig. 11 & JP 4670956 B & US 2008/0266027 A1 & EP 2066026 A1 & CN 101371436 A & KR 10-2008-0096512 A	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03H9/145 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03H9/145

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2006-186435 A（京セラ株式会社）	9
Y	2006.07.13, [0012], [0014], [0027], 図1, 図6	10
A	（ファミリーなし）	1-8
X	WO 2008/126614 A1（株式会社村田製作所）	9
Y	2008.10.23, [0036], [0043], [0044], [0048], [0057], 図1	10
A	& US 2009/0295507 A1 & EP 2128982 A1 & CN 101595641 A & KR 10-2009-0125104 A	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.05.2012

国際調査報告の発送日

22.05.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

▲高▼橋 徳浩

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

5W

4877

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2008-306773 A (パナソニック株式会社) 2008. 12. 18, [0025] & US 2003/0107454 A1 & EP 1315297 A2 & CN 1418031 A & KR 10-2003-0035991 A	10 1-8
Y A	JP 2009-213174 A (京セラ株式会社) 2009. 09. 17, [0027] (ファミリーなし)	10 1-8
A	JP 6-31222 U (国際電気株式会社) 1994. 04. 22, [0004], [0005], 図 1 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 10-224177 A (セイコーエプソン株式会社) 1998. 08. 21, [0031]-[0033], 図 3 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2004-343259 A (松下電器産業株式会社) 2004. 12. 02, [0015], 図 2, 図 3 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2006-246510 A (株式会社村田製作所) 2006. 09. 14, [0090]-[0099], 図 17 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2007-96527 A (エプソントヨコム株式会社) 2007. 04. 12, [0008], [0009], 図 3 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 4-122114 A (株式会社日立製作所) 1992. 04. 22, 第 3 頁右下欄第 7 行-第 4 頁左下欄第 11 行, 第 1A 図 (ファミリーなし)	1-10
A	WO 2008/035525 A1 (株式会社村田製作所) 2008. 03. 27, [0067]-[0069], 図 11 & JP 4670956 B & US 2008/0266027 A1 & EP 2066026 A1 & CN 101371436 A & KR 10-2008-0096512 A	1-10