

(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
2019年1月31日(31.01.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/022006 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 9/25 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/027503

(22) 国際出願日: 2018年7月23日(23.07.2018)

(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 2017-145730 2017年7月27日(27.07.2017) JP

(71) 出願人: 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).

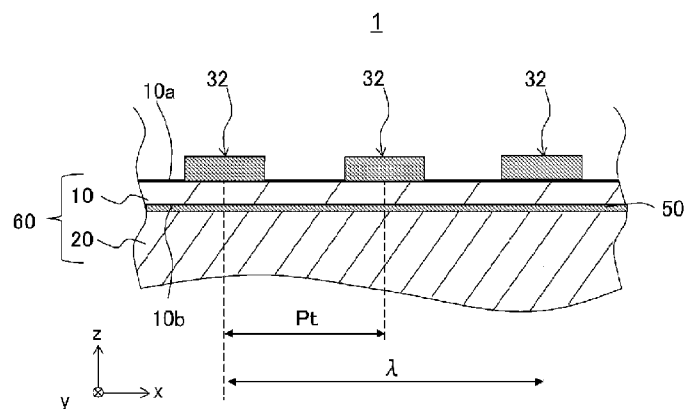
(72) 発明者: 野添 惣一郎 (NOZOE, Soichiro); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿

町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 岸野 哲也 (KISHINO, Tetsuya); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: ACOUSTIC WAVE ELEMENT

(54) 発明の名称: 弾性波素子



(57) **Abstract:** An acoustic wave element 1 which is provided with: an IDT electrode 3 that is provided with a plurality of electrode fingers 32 and excites surface acoustic waves; a first substrate 10 that is formed from a piezoelectric crystal and has an upper surface 10a on which the IDT electrode 3 is arranged; and a second substrate 20 that is bonded to a lower surface 10b of the first substrate 10. This acoustic wave element 1 is configured such that a continuous first region 50x that extends from the lower surface 10b of the first substrate 10 toward the upper surface 10a or a continuous second region 50b that extends from the lower surface 10b of the first substrate 10 toward the second substrate 20 forms a low resistance region 50 that has a resistance of from $5 \times 10^3 \Omega$ to $5 \times 10^7 \Omega$ (inclusive).

(57) 要約: 複数の電極指 3 2 を備え、弾性表面波を励振する IDT 電極 3 と、上面 1 0 a に前記 IDT 電極 3 が位置しており、圧電結晶からなる第 1 基板 1 0 と、前記第 1 基板 1 0 の下面 1 0 b の側に接合された第 2 基板 2 0 と、を備え、前記第 1 基板 1 0 の下面 1 0 b から上面 1 0 a の側にむけた連続する第 1 領域 5 0 x または前記第 1 基板 1 0 の下面 1 0 b から前記第 2 基板 2 0 の側に向けた連続する第 2 領域 5 0 b のいずれかが、抵抗値が $5 \times 10^3 \Omega$ 以上 $5 \times 10^7 \Omega$ 以下である低抵抗領域 5 0 となっている、弾性波素子 1 である。

[続葉有]



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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： 弾性波素子

技術分野

[0001] 本開示は、弾性波素子に関する。

背景技術

[0002] 従来、電気特性を改善することを目的として支持基板と圧電基板とを貼り合わせた複合基板に電極を設けて弾性波素子を作製することが知られている。ここで、弾性波素子は、例えば、携帯電話などの通信機器におけるバンドパスフィルタとして使用されている。また、複合基板は、圧電基板としてニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウム、支持基板としてシリコンや石英、セラミックスなどを用いたものが知られている（特開2006-319679号公報参照）。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] しかしながら、近年、移動体通信に用いられる携帯端末装置は小型化、軽量化が進むとともに、高い通信品質を実現するために、さらに高い電気特性を備える弾性波素子が求められている。例えば、入出力信号の隣接チャネルへの漏洩を低減するために、通過帯域外の特定周波数帯における減衰特性が優れた弾性波素子が求められている。

[0004] 本開示は、このような課題に鑑みなされたものであり、その目的は、電気特性の優れた弾性波素子を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の弾性波素子は、IDT電極と第1基板と第2基板とを備える。前記IDT電極は、複数の電極指を備え、弾性表面波を励振する。前記第1基板は、上面に前記IDT電極が位置しており、圧電結晶からなる。前記第2基板は、前記第1基板の下面の側に接合されている。そして、前記第1基板の下面から上面の側にむけて連続する第1領域または前記第1基板の下面か

ら前記第2基板の側に向けて連続する第2領域のいずれかが、抵抗値が $5 \times 10^3 \Omega$ 以上 $5 \times 10^7 \Omega$ 以下である低抵抗領域となっている。

発明の効果

[0006] 上記構成によれば、電気特性の優れた弾性波素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本開示にかかる弾性波素子の上面図である。

[図2]図1のI-I線における要部拡大断面図である。

[図3]図3(a)～図3(c)はそれぞれ、複合基板60の変形例を示す要部拡大断面図である。

[図4]低抵抗領域の抵抗値とバルク波スプリアスの位相比率との関係を示す線図である。

[図5]低抵抗領域の抵抗値と共振周波数一反共振周波数間の位相比との関係を示す表である。

[図6]図6(a), 図6(b)は、本開示に係るSAW素子および比較例のSAW素子の周波数特性を示す線図である。

[図7]第1基板の厚みと弾性波素子の周波数特性との関係を示す線図である。

[図8]第1基板の厚みおよび低抵抗領域の厚みとバルク波スプリアスの減衰率との関係を示す等高線図である。

[図9]図9(a), 図9(b)は、実施例および比較例の周波数特性を示す線図である。

[図10]図10(a), 図10(b)は、実施例および比較例の周波数特性を示す線図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本開示の弾性波素子の一例を図面を用いて詳細に説明する。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。

[0009] 弾性波素子は、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 $x y z$ 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。

[0010] また、本開示では、弾性波として表面弾性波 (Surface Acoustic Wave: SAW) を用いた例を開示しており、以下、弾性波素子を SAW 素子とすることがある。

[0011] (SAW 素子の構成の概要)

図 1 は、本発明の一実施形態に係る SAW 素子 1 の構成を示す平面図である。図 2 は図 1 の I-I 線における要部拡大断面図である。

[0012] SAW 素子 1 は、複合基板 60 に IDT (InterDigital Transducer) 電極 3 が設けられている。複合基板 60 は第 1 基板 10 と第 2 基板 20 とが接合されて構成される。IDT 電極 3 は、第 1 基板 10 の上面 10a に位置している。また、SAW 素子 1 は、この他にも、上面 10a を覆う保護層や、IDT 電極 3 に信号の入出力を行なうための配線等を有していてもよい。

[0013] IDT 電極 3 は、第 1 櫛歯電極 30A および第 2 櫛歯電極 30B からなる一对の櫛歯電極 30 で構成されている。図 1 において、第 1 櫛歯電極 30A と第 2 櫛歯電極 30B との区別を明瞭にするために、第 2 櫛歯電極 30B にハッチングを付している。なお、以下では、第 1 櫛歯電極 30A および第 2 櫛歯電極 30B 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 30A に係る構成等については、「第 1 バスバー 31A」等のように、「第 1」および「A」を付することがあり、第 2 櫛歯電極 30B に係る構成等については、「第 2 バスバー 31B」等のように、「第 2」および「B」を付することがある。また、これら「第 1」、「第 2」、「A」、「および「B」を省略することがある。

[0014] 櫛歯電極 30 は、図 1 に示すように、互いに対向する 2 本のバスバー 31 と、各バスバー 31 から他のバスバー 31 側へ延びる複数の電極指 32 と、複数の電極指 32 の間において各バスバー 31 から他のバスバー 31 側へ延びる複数のダミー電極指 35 とを有している。そして、1 対の櫛歯電極 30 は、複数の電極指 32 が互いに交差するように（噛み合うように）配置され

ている。なお、ダミー電極指35は配置されていなくてもよい。

[0015] SAWは、複数の電極指32に直交する方向に伝搬する。従って、後述する圧電結晶からなる第1基板10の結晶方位を考慮した上で、2本のバスバー31は、SAWを伝搬させたい方向に交差する方向において互いに対向するように配置され、複数の電極指32は、SAWを伝搬させたい方向に対して直交する方向に延びるように形成される。

[0016] なお、SAWの伝搬方向は複数の電極指32の向き等によって設定されるが、本実施形態では便宜的に、SAWの伝搬方向を基準として複数の電極指32の向き等を説明することがある。

[0017] また、直交座標系 $x y z$ は、 x 軸が電極指32に直交し（SAWの伝搬方向に平行であり）、 y 軸が電極指32に平行であり、 z 軸が第1基板10の上面10aに直交するように定義されているものとする。すなわち、直交座標系 $x y z$ は、第1基板10の外形ではなく、IDT電極3（SAWの伝搬方向）を基準として定義されているものとする。

[0018] バスバー31は、例えば、概ね一定の幅で直線状に延びる長尺状に形成されている。従って、バスバー31の互いに対向する側の縁部は直線状である。なお、バスバー31は配線と一体的に形成されていてもよい。

[0019] 複数の電極指32は、概ね一定の幅で直線状に延びる長尺状に形成されており、SAWの伝搬方向に概ね一定の間隔で配列されている。一对の櫛歯電極30の複数の電極指32は、図2に示すように、隣接する電極指32の中心間隔の繰り返し間隔であるピッチ P_t 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。なお、ピッチ P_t の繰り返し間隔としては、隣接する電極指32の同じ側の端から端までの間隔を用いてもよい。また複数の電極指32のピッチ P_t として、隣接する2本の電極指23の中心間隔の平均値を用いることができる。

[0020] 電極指32とダミー電極指35との間隔であるギャップ長 G （ギャップの y 方向の長さ）は、例えば、複数のギャップ長 G 間において互いに同一である。ギャップ長 G は、例えば $0.10\mu\text{m}$ 以上 $1.00\mu\text{m}$ 以下である。ま

た、SAWの波長を λ とするとギャップ長 G は、例えば 0.1λ 以上 0.6λ 以下である。

[0021] IDT電極3は、例えば金属材料によって形成されている。この金属材料としては、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3は、複数の金属層から構成されてもよい。IDT電極3の各種寸法は、弾性波素子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3の厚み（z方向）は、例えば50nm以上400nm以下である。

[0022] IDT電極3は、第1基板10の上面10aに直接配置されていてもよいし、別の部材を介して第1基板10の上面10aに配置されていてもよい。別の部材としては、例えばTi、Cr、またはこれらの合金等を用いることができる。IDT電極3を別の部材を介して第1基板10の上面10aに配置する場合は、別の部材の厚みはIDT電極3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3の厚みの5%の厚み）に設定される。

[0023] IDT電極3によって第1基板10に電圧が印加されると、第1基板10の上面10a付近において上面10aに沿ってx方向に伝搬するSAWが励起される。また、SAWは、電極指32と電極指32の非配置領域（隣接する電極指32間の長尺状の領域）との境界において反射する。そして、電極指32のピッチ P_t 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32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。

[0024] （複合基板60）

複合基板60は、図2に示すように、いわゆる貼り合せ基板であり、第1基板10と第2基板20とが接合されている。そして、複合基板60の厚みの途中には低抵抗領域50が位置している。

[0025] 低抵抗領域50は、第1基板10の下面10bから上面10aの側に向けて連続する第1領域50xであってもよいし、第1基板10の下面10bから上面10aと反対の側に連続する第2領域50yであってもよい。第1領域50xは第1基板10の一部であり、第1基板10の下面10bから連続する領域10xである(図3(a))。第2領域50yは、例えば、第1基板10と第2基板20との間に介在する中間層40であってもよいし(図3(b))、第2基板20の一部であり第1基板10の下面から連続する領域20xであってもよい(図3(c))。

[0026] この例では、図3(b)に示す構成の複合基板60を例に説明する。

[0027] 第1基板10は、圧電材料からなり、例えば、タンタル酸リチウム(LiTaO₃:以下LTと言う)結晶やニオブ酸率無結晶からなる圧電性を有する単結晶の基板によって構成されている。具体的には、例えば、第1基板10は、Y回転X伝搬LT基板を用いてもよく、より具体的には、36°~50°Yカット-X伝播のLT基板によって構成されている。

[0028] 第1基板10は、比較的薄い一定の厚みとなっている。厚みについては後述する。

[0029] 第2基板20は、比較的薄い第1基板10を支持するものであり、強度、平坦性を備える材料であれば、その材料は特に限定されない。例えば、サファイア基板、SiC基板等の絶縁性材料かなる基板や、Si基板等の半導体基板、有機基板等を例示できる。

[0030] ここで、第2基板20は、第1基板10の材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成されていてもよい。この場合には、温度変化が生じると第1基板10に熱応力が生じ、この際、弾性定数の温度依存性と応力依存性とが打ち消し合い、ひいては、弾性波素子1の電気特性の温度変化を減少させる。

[0031] このような材料として、例えば、Si基板、サファイア基板等を例示できるが、以下の例ではSi基板を用いた場合について説明する。

[0032] 第2基板20の厚さは、例えば、一定であり、適宜に設定されてよい。ただし、本開示の第1基板10の厚さは比較的薄いため、第2基板20は、第

1 基板 1 0 を支持可能な厚さに考慮して決定される。一例として、第 1 基板 1 0 の厚さの 1 0 倍以上としてもよく、第 2 基板 1 5 の厚さは 5 0 ~ 3 0 0 μm である。第 2 基板 2 0 の平面形状および各種寸法は、第 1 基板 1 0 と同等としてもよい。

[0033] また、本例のように、第 2 基板 2 0 として線膨張係数の小さい材料を用いる場合には、第 2 基板 2 0 の厚さは、温度補償が行われるように、第 1 基板 1 0 の厚さを考慮して設定される。

[0034] さらに、第 2 基板 2 0 の第 1 基板 1 0 と反対側の面に、第 2 基板 2 0 よりも熱膨張係数の大きい不図示の第 3 基板を貼り付けてもよい。この場合には、基板全体の強度向上や、熱応力によるそりを減少させ、第 1 基板 1 0 により強い熱応力をかけることができる。第 3 基板は、第 2 基板 2 0 が S i からなる場合には、セラミック基板、C u 層、樹脂基板等を用いることができる。また、第 3 基板を設ける場合には、第 2 基板 2 の厚みを薄くしてもよい。

[0035] ここで、S A W 素子 1 は、複合基板 6 0 の厚みの途中に低抵抗領域 5 0 を備える。低抵抗領域 5 0 は、その抵抗値を $5 \times 10^3 \Omega$ 以上 $5 \times 10^7 \Omega$ 以下とする。このような構成とすることで S A W 素子 1 の電気特性を向上させることができる。以下、そのメカニズムについて説明する。

[0036] S A W 素子 1 は、I D T 電極 3 に電圧を印加すると、第 1 基板 1 0 の上面 1 0 a を伝搬する S A W に加え、第 1 基板 1 0 の厚み方向にバルク波を放射する。そして、このバルク波が第 1 基板 1 0 の下面 1 0 b で反射し上面 1 0 a の側に戻り、電極指 3 2 と結合することで、S A W 素子 1 に意図しないバルク波による電気信号（バルク波スプリアス）が発生する。

[0037] ここで、本発明者らが鋭意遂行を重ねた結果、第 1 基板 1 0 の S A W が伝搬する領域の下方に低抵抗領域 5 0 を設けると、バルク波スプリアスが抑制されることを見出した。具体的には、第 1 基板 1 0 の厚みと低抵抗領域 5 0 の抵抗値を変化させて、低抵抗領域がない場合と比較したバルク波スプリアス発生周波数における位相の比率をシミュレーションした。その結果、低抵抗領域 5 0 の抵抗値を $5 \times 10^3 \Omega$ 以上 $5 \times 10^7 \Omega$ 以下とすることで、バルク

波スプリアスの強度を低下させることができることを確認した。

[0038] その一例を、図4に示す。図4は、第1基板10の厚みが $12\mu\text{m}$ の場合のバルク波スプリアスの比率を示すものである。図4において、縦軸はバルク波スプリアス発生周波数における位相の比率を、横軸は低抵抗領域50の抵抗値を示している。なお、低抵抗領域50の厚みは、所望の抵抗値を得ることができるようにシート抵抗と厚みとを調整して決定している。

[0039] 図4からも明らかなように、低抵抗領域50の抵抗値を $5 \times 10^3 \Omega$ 以上 $5 \times 10^7 \Omega$ 以下としたときに、バルク波スプリアスの強度を大きく減衰できていることを確認した。特に、 $5 \times 10^4 \Omega$ 以上 $5 \times 10^6 \Omega$ 以下としたときには、約半分にバルク波スプリアスを減衰させることができ、 $1.5 \times 10^5 \Omega$ 以上 $1.5 \times 10^6 \Omega$ 以下とした場合には三割以下に大きくバルク波スプリアスを減衰できていることが確認できる。

[0040] このように、弾性波素子1によれば、低抵抗領域50の抵抗値を上述の値とすることでバルク波スプリアス発生周波数において減衰特性を高めることができる。これは、低抵抗領域50の抵抗値を上述の値とすることで、低抵抗領域50に到達したバルク波にロスが発生し、ひいては第1基板10の上面10aの側に戻るバルク波が低減するためと推察される。

[0041] なお、抵抗値が $5 \times 10^7 \Omega$ を超える場合には、バルク波スプリアスの強度を低減できず、同様に $5 \times 10^3 \Omega$ 未満の場合にも、バルク波スプリアスの強度を低減できなかった。すなわち、絶縁材料や金属等の導体を介在させてもバルク波スプリアスの低減は確認されなかった。

[0042] (低抵抗領域50の具体的構成)

上述の低抵抗領域50の具体的実現方法について説明する。上述の通り、低抵抗領域50は、バルク波が到達する領域に設けられ、かつ、第1基板10のうち、バルク波がそれまでに通ってきた領域に比べて抵抗値を変化させることが必要である。

[0043] そこで、図3(a)に示すように、第1基板10の下面10bから連続して上面10a側に向けた領域10xを、第1基板10のその他の領域に比べ

て抵抗値を異ならせることで低抵抗領域50を形成してもよい。その場合には、領域10xにおいて、その組成を第1基板10を構成する圧電結晶の化学量論比からずらすことで抵抗値を調整してもよい。具体的には、第1基板10がLiT基板で構成される場合には、LiまたはTaを多く含ませてもよい。すなわち、第1基板10を構成する元素を多く含む領域、少なく含む領域によってもよい。

[0044] また、第1領域10xにおいて、抵抗値を変化させる元素を含ませてもよい。具体的には、Fe, Ni, Cr, Cu等の金属元素もしくは、第2基板20を構成する元素（例えばSi）を含ませてもよい。

[0045] このように、第1基板10に領域10xを形成するためには、例えば、第1基板10と第2基板20とを接合する際に、互いの表面をイオンガン、FABガン等を照射することで活性化させた後に、特定元素を活性化された面に供給することで特定元素を多く含む領域を形成してもよい。また、活性化条件を調整して、特定元素のみを第1基板10の接合面の側から放出させて特定元素が少ない領域を形成してもよい。

[0046] 次に、図3（b）に示すように、第1基板10と第2基板20との界面に中間層40を介在させ、この中間層40を低抵抗領域50とする場合について説明する。この場合には、所望のシート抵抗値を有する材料からなる中間層40を所望の厚みで形成することで、低抵抗領域50とすることができる。例えば、第2基板20の表面に中間層40としてSiO_x等の絶縁材料層を形成し、そのシート抵抗を調整するように金属等を拡散させてもよい。また、第1基板10と第2基板20とを活性化して圧着させることで、両基板の成分を有する混成層やアモルファス層をその抵抗値を調整して中間層40としてもよい。

[0047] さらに、図3（c）に示すように、第2基板20の領域20xの抵抗値を調整することで低抵抗領域50としてもよい。具体的には、第2基板20がSi単結晶基板からなる場合には、第2基板20の接合面側においてドーパント濃度を調整して低抵抗領域50としてもよい。ドーパントの種類として

は、Si単結晶がn型の場合にはAs等を、p型の場合にはB等を適宜選択すればよい。また、第1基板10を構成する元素の一部を注入させてもよい。この場合には、第2基板20のうち領域20xを除く領域の抵抗値は、領域20xに比べ高くてもよい。

[0048] このようなドーパント濃度の調整は、例えば、第1基板10との接合に先立ち、第2基板20の表面から熱拡散させたり、イオン注入したり、所望の濃度を有するエピタキシャル層を形成したりすればよい。また、接合時に表面を活性化させた状態で、活性化された面に所望の元素を供給することで領域20xを形成してもよい。

[0049] なお、第2基板20に低抵抗領域50を形成する場合には、第2基板20全体を低抵抗領域50としてもよい。

[0050] また、図3(a)に示すように、第1基板10の領域10xに低抵抗領域50を形成した上で第1基板10と第2基板20との間に介在層を備えていてもよい。介在層としては、両者を接合するための接合層として機能するものであってもよいし、低抵抗領域50よりも抵抗値の低い絶縁層であってもよいし、放熱性を高める放熱層であってもよい。例えば、介在層としてはSiO₂等を例示することができる。

[0051] また、低抵抗領域50以外の第1基板10および第2基板20は低抵抗領域50に比べ抵抗値が高くてもよい。

[0052] (変形例：第1基板10の厚み)

上述の例では第1基板10の厚みについては特に限定していないが、1λを超える厚みとしてもよい。この場合には、SAWの波長に比べ厚くなっているため、低抵抗領域50にSAWが伝搬することにより生じるSAWの損失を減少させることができる。これにより、SAW素子1のロスを減少させることができる。言い換えると、低抵抗領域50により、使う電気信号であるSAWは減衰させることなく、不要な電気信号であるバルク波のみを減衰させることができる。

[0053] 図5に、低抵抗領域50の抵抗値と第1基板10の厚みを変化させたとき

の、共振周波数と反共振周波数との間の領域における位相の減衰率をシミュレーションした結果を示す。位相の減衰率は、低抵抗領域50を備えない場合に対する比率で算出した。すなわち、表中の数字が100の場合は低抵抗領域50を備えない場合と同等の位相を実現していることを示す。この例では1λが5.4 μmの場合についてシミュレーションを行なっている。

[0054] 図5からも明らかなように、第1基板10の厚みが1λを超える値(6 μm)の場合には、共振周波数と反共振周波数との間の領域における位相の悪化を低減できることを確認した。また、バルク波スプリアスの強度抑制効果の最も高い低抵抗領域50の抵抗値範囲においても、第1基板10の厚みを1.3λ以上(7 μm)とすることで、共振周波数と反共振周波数との間の領域における位相の悪化を大きく低減できることを確認した。

[0055] ここで、図6(a)に第1基板10の厚みを10 μm、低抵抗領域50の厚みを2 nm、抵抗率0.1 Ωcm(すなわち抵抗値 $5 \times 10^5 \Omega$)とした場合の、SAW素子1の周波数特性をシミュレーションした結果を示す。また、図6(b)には、低抵抗領域50を備えない点を除いては図6(a)のSAW素子1と同じ構成のSAW素子の周波数特性をシミュレーションした結果を示す。図6において、横軸は周波数(MHz)、縦軸は位相(deg)を示している。図6からも明らかなように、SAW素子1によれば、780 MHz付近の共振周波数、反共振周波数の位相は90°から劣化することなく、反共振周波数よりも高周波数側に位置するバルク波スプリアスのみが低減されていることを確認できた。

[0056] 次に、第1基板10の厚みを1λ以上とした場合について、第1基板10の厚みの変化によるバルク波の位相の減衰率についてシミュレーションを行なった。図7に、第1基板10の厚みと位相の減衰率との相関を示す。図7において、横軸は第1基板10の波長比で示す厚み(単位:λ)を、横軸はバルク波の位相減衰率を示している。シミュレーションにおいて、低抵抗領域50の抵抗値は以下の通りとした。

[0057] モデル1: $5 \times 10^5 \Omega$

モデル 2 : $1.5 \times 10^4 \Omega$

モデル 3 : $5 \times 10^2 \Omega$

図 7 から明らかなように、減衰率が大きくなる第 1 基板 10 の厚みと、減衰の効果が少なくなる第 1 基板 10 の厚みがあることが分かる。具体的には、第 1 基板 10 の厚みが λ の整数倍の場合には減衰率が小さくなっている。このため、第 1 基板 10 の厚みは、 λ の整数倍からずらしてもよい。また、図 4 において位相比率（減衰率）が大きくなっている抵抗値（例えば、 $1.5 \times 10^5 \Omega$ 以上 $1.5 \times 10^6 \Omega$ 以下）とした場合には、減衰率の絶対値を大きくできるとともに、減衰率を大きくできる第 1 基板 10 の厚みの範囲が大きくなることができる。

[0058] 第 1 基板 10 の厚みの上限値は特に限定されないが、バルク波スプリアスの影響が顕著となる程度の厚みとすることで、低抵抗領域 50 により効果的にバルク波スプリアスを低減することができる。具体的には、 20λ 以下の厚みとすればよい。また、第 1 基板の厚みを 3λ 以下とした場合には、図 7 に示すように、減衰率を高く維持することができる。

[0059] なお、図 7 において、低抵抗領域 50 の抵抗値が $5 \times 10^3 \Omega$ 以上 $5 \times 10^7 \Omega$ 以下であっても、第 1 基板 10 の厚みが特定の厚み（ λ の整数倍）のときには減衰率が低くみえるが、図 6 に示すようなバルク波スプリアス全体をみると減衰されている様子が確認できる。さらに、低抵抗領域 50 の抵抗値を $5.0 \times 10^4 \Omega$ 以上 $5 \times 10^6 \Omega$ 以下とした場合には、第 1 基板 10 の厚みが特定の厚み（ λ の整数倍）であっても、最大位相の観点でも減衰されていることを確認している。

[0060] 上述の検討は、図 3（b）の構成に基づいて行われたものである。このため、上述の例で示された厚み範囲は第 1 基板 10 自体の厚みであるが、図 3（a）のように、低抵抗領域 50 が第 1 領域 10x の場合には、上述の厚み範囲は、第 1 基板 10 の厚みと低抵抗領域 50 の厚みとの差分に相当するものである。

[0061] （変形例：低抵抗領域 50 の厚み）

上述の各構成において低抵抗領域50の厚みは、低抵抗領域50のシート抵抗値に応じて所望の抵抗値を実現できるように適宜設計すればよい。

[0062] 低抵抗領域50の抵抗値を $9 \times 10^4 \Omega$ となるように、低抵抗領域50の厚みとシート抵抗値とを変化させて、SAW素子の減衰率を求めた結果を図8に示す。図8において横軸は第1基板10の厚みを示し、縦軸は低抵抗領域50の厚みを示している。低抵抗領域50以外の条件は他のシミュレーションと同条件である。

[0063] 図8からも明らかなように、例えば、低抵抗領域50の厚みが第1基板10の厚みよりも厚くても、バルク波スプリアスを減衰させる効果があることを確認できた。具体的には、低抵抗領域50の厚みは $100 \mu\text{m}$ 以下であれば、バルク波スプリアスを減衰させる効果がある。

[0064] ただし、図8に示すように、低抵抗領域50の厚みは小さい程減衰率が高い傾向がある。そこで、第1基板10よりも厚みを薄くしてもよい。より具体的には、例えば 2 nm 以上とすることで、低抵抗領域50の効果を奏することを確認できている。また、厚みが 200 nm を超える場合には、シート抵抗値と厚みとの関係が崩れる可能性があるため、 200 nm 以下としてもよい。

実施例

[0065] 本開示の弾性波素子1の効果を確認するために、以下のモデルを作成しシミュレーションを行ない、周波数特性を確認した。

[0066] シミュレーションの基本条件は下記の通りである。

第1基板10：LT基板 42° YカットーX伝搬

第1基板10の厚み： $2.2 \mu\text{m}$ （すなわち、 0.4λ ）

IDT電極3の電極指32のピッチ： $2.7 \mu\text{m}$ （ $\lambda = 5.4 \mu\text{m}$ ）

IDT電極3の材料：Al

IDT電極3の電極指32の厚み： 0.08λ

第2基板20：Si単結晶基板

実施例1として、図3（b）に示すように、第1基板10と第2基板20

との間に低抵抗領域50として、厚み2 nm、シート抵抗 $0.05 \Omega \cdot \text{cm}$ の層を設けた。すなわち抵抗値は $2.5 \times 10^5 \Omega$ となっている。

[0067] 比較例として、第1基板10と第2基板20との間に低抵抗領域50がないモデルを作製した。

[0068] 上述のモデルについて、周波数に対する位相特性、インピーダンス特性をシミュレーションした結果を図9に示す。図9(a)は実施例1、図9(b)は比較例の結果である。図9において、横軸は周波数であり、縦軸は、右軸はインピーダンス(Ω)、左軸は位相(deg)を示している。また、図9において、インピーダンス特性を破線で、位相特性を実線で示している。

[0069] 図9からも明らかなように、実施例1のモデルは、比較例に比べ1000 MHz付近に発生しているバルク波スプリアスの強度を減衰させていることを確認した。

[0070] 次に、実施例2として、第1基板10の厚みを $15 \mu\text{m}$ (2.8λ)とした場合についてシミュレーションを行なった。実施例2において第1基板10の厚み以外は実施例1と同じ条件とした。また、比較例2として、低抵抗層50を備えない以外は実施例2と同様の構成を備えるモデルを作製しシミュレーションを行なった。

[0071] その結果を図10(a)、図10(b)に示す。図10(a)は実施例2、図10(b)は比較例2の結果である。図10(a)と図10(b)との比較により明らかなように、実施例2によればバルク波スプリアスの強度を減衰させている様子を確認できた。

[0072] また、図10(a)と図9(a)との比較より明らかなように、第1基板10の厚みを 1λ 以上とすることで、バルク波スプリアスの強度を減衰させつつ、共振周波数と反共振周波数との間および、反共振周波数よりも高周波数側におけるロスを低減できていることを確認した。

符号の説明

[0073] 1 : 弾性波素子

10 : 第1基板

2 0 : 第 2 基板

4 0 : 中間層

3 : I D T 電極

3 2 : 電極指

5 0 : 低抵抗領域

5 0 x : 第 1 領域

5 0 y : 第 2 領域

請求の範囲

- [請求項1] 複数の電極指を備え、弾性表面波を励振する I D T 電極と、
上面に前記 I D T 電極が位置しており、圧電結晶からなる第 1 基板と、
前記第 1 基板の下面の側に接合された第 2 基板と、を備え、
前記第 1 基板の下面から上面の側にむけて連続する第 1 領域または前記第 1 基板の下面から前記第 2 基板の側に向けて連続する第 2 領域のいずれかが、抵抗値が $5 \times 10^3 \Omega$ 以上 $5 \times 10^7 \Omega$ 以下である低抵抗領域となっている、弾性波素子。
- [請求項2] 前記第 1 領域が前記低抵抗領域の場合には前記第 1 基板の厚みから前記第 1 領域の厚みを差し引いた厚みが、前記第 2 領域が前記低抵抗領域の場合には前記第 1 基板の厚みが、前記複数の電極指の繰り返し間隔の 2 倍で定義される波長を λ としたときに 1.3λ 以上である、請求項 1 に記載の弾性波素子。
- [請求項3] 前記第 1 基板は、X 伝搬回転 Y カットのタンタル酸リチウム単結晶基板である、請求項 1 または 2 に記載の弾性波素子。
- [請求項4] 前記低抵抗領域は、前記第 1 基板と前記第 2 基板との間に介在する中間層で構成される前記第 2 領域からなり、
前記中間層は、前記第 1 基板または前記第 2 基板を構成する元素と金属とを含んでいる、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の弾性波素子。
- [請求項5] 前記低抵抗領域は、前記第 1 領域からなり、
前記第 1 領域は、前記第 1 基板を構成する元素の比率がその他の領域に比べ異なるか、前記第 2 基板を構成する元素がその他の領域に比べ多く含まれている、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の弾性波素子。
- [請求項6] 前記低抵抗領域は、前記第 2 基板の前記第 1 基板の側の面から続く領域に形成された前記第 2 領域からなり、
前記第 2 領域は、前記第 2 基板の前記第 2 領域以外に比べて、前記第

1 基板を構成する元素を多く含む、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の弾性波素子。

[請求項7] 前記低抵抗領域は、前記第 2 基板の前記第 1 基板の側の面から続く領域に形成された前記第 2 領域からなり、

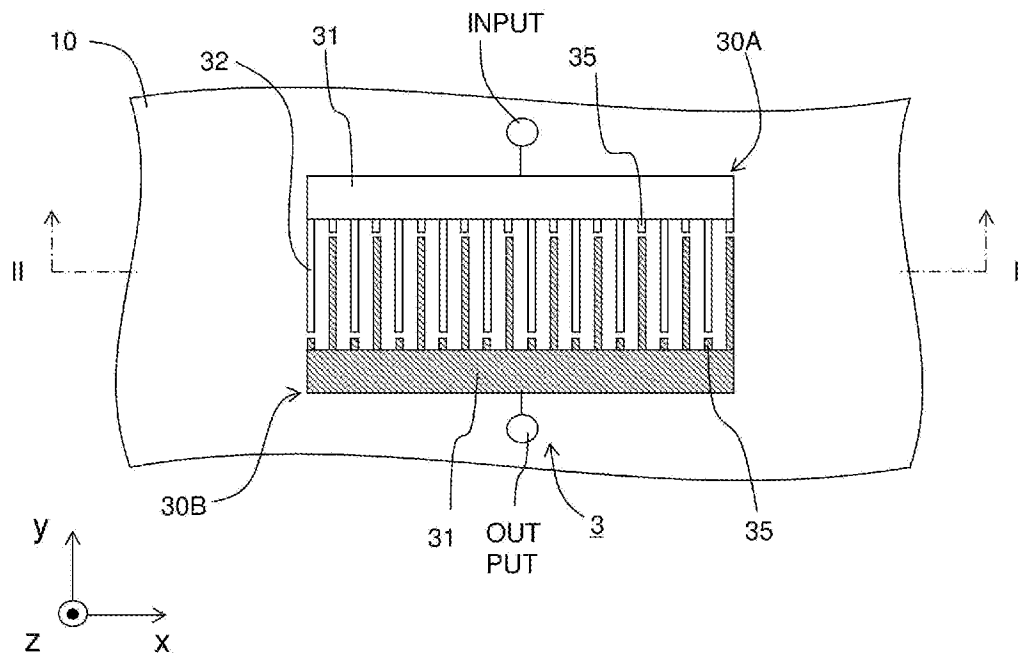
前記第 2 基板は半導体材料からなり、前記第 2 領域は前記第 2 基板におけるドーパント濃度を異ならせてなる、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の弾性波素子。

[請求項8] 前記低抵抗領域は、厚みが 2 nm～200 nmである、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の弾性波素子。

[請求項9] 前記第 1 基板の厚みは、 20λ 以下である、請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の弾性波素子。

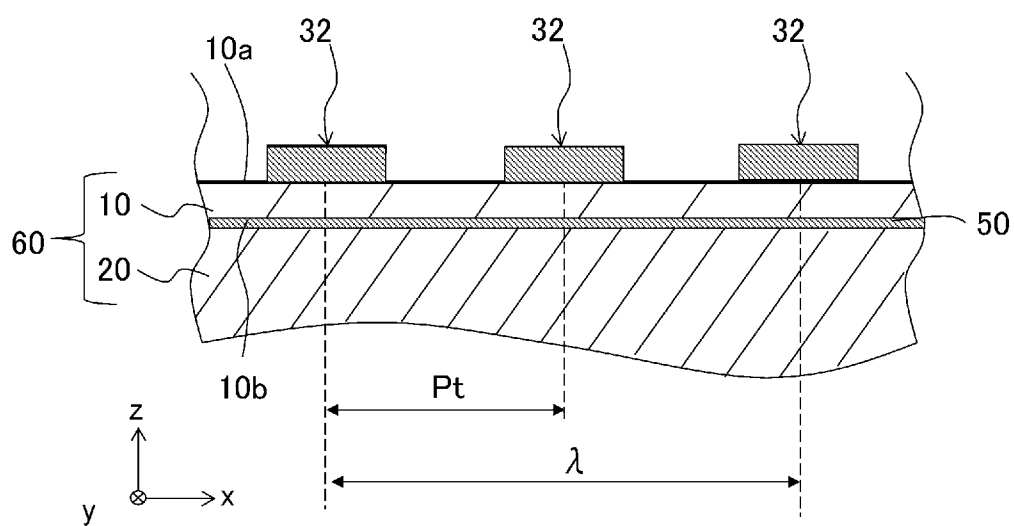
[図1]

1

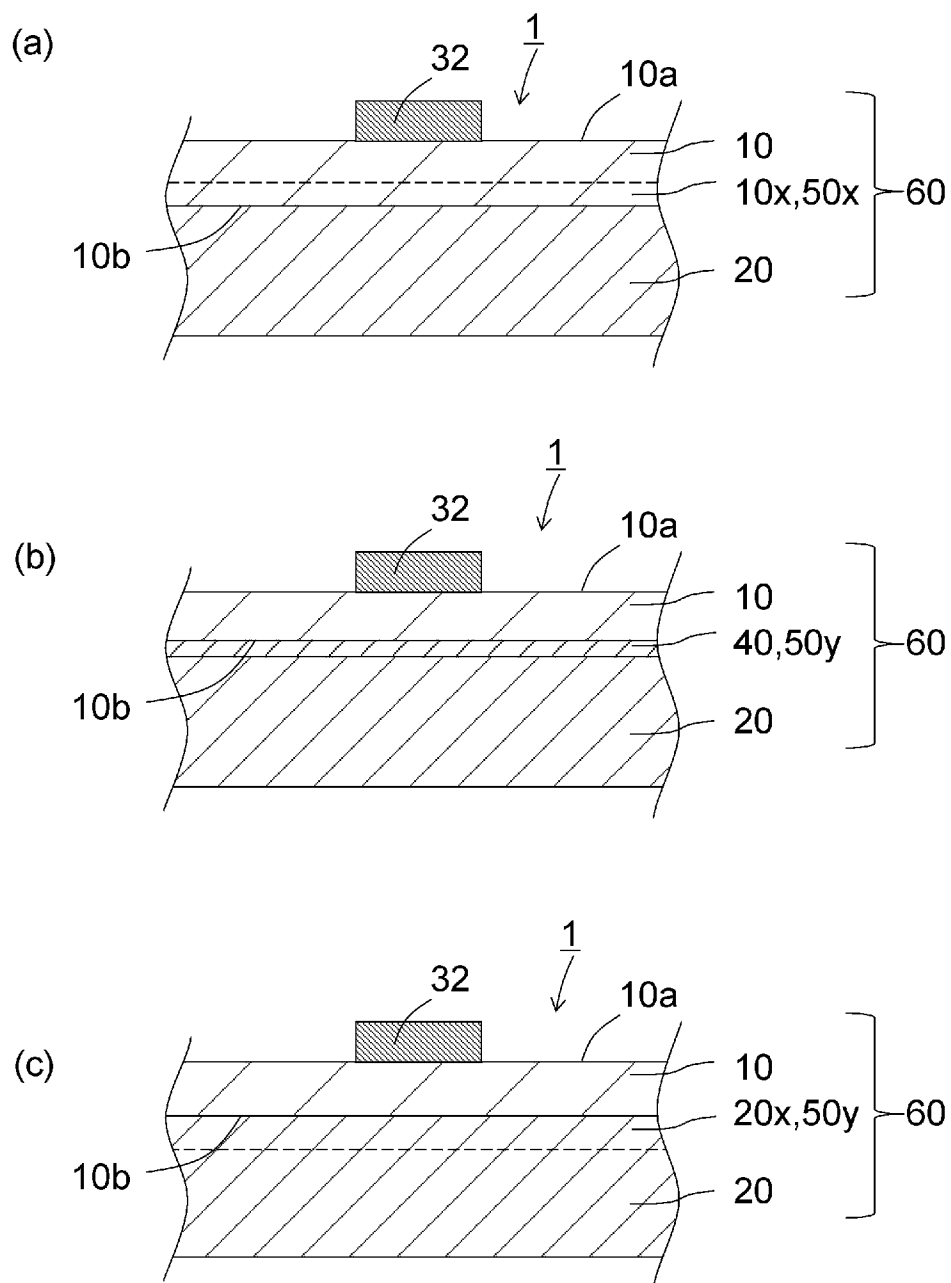


[図2]

1



[図3]

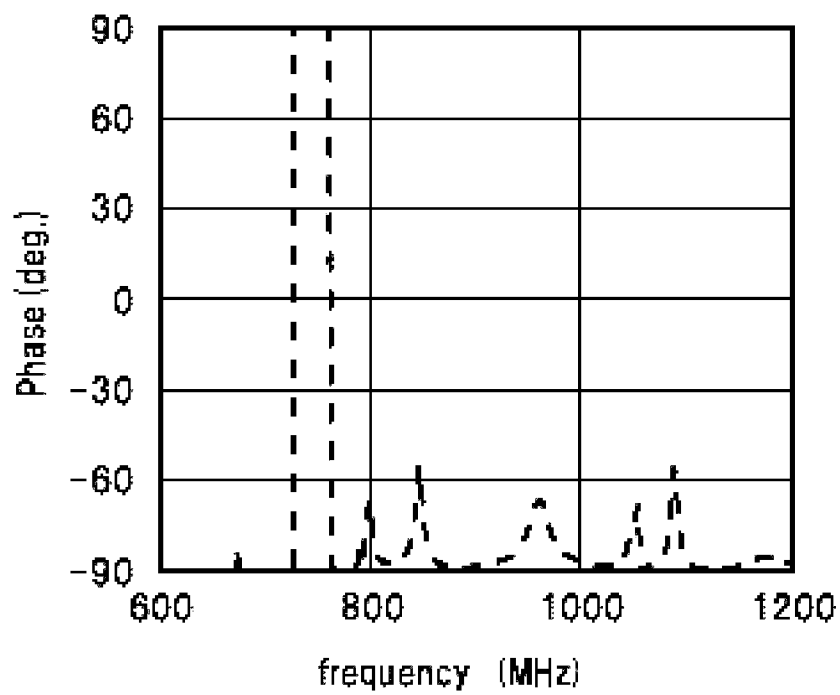


Resistance Value (Ω)	Bit Phase Ratio (%)
1.00E+02	100
1.00E+03	98
1.00E+04	95
1.00E+05	85
1.00E+06	15
1.00E+07	30
1.00E+08	85
1.00E+09	98
1.00E+10	100

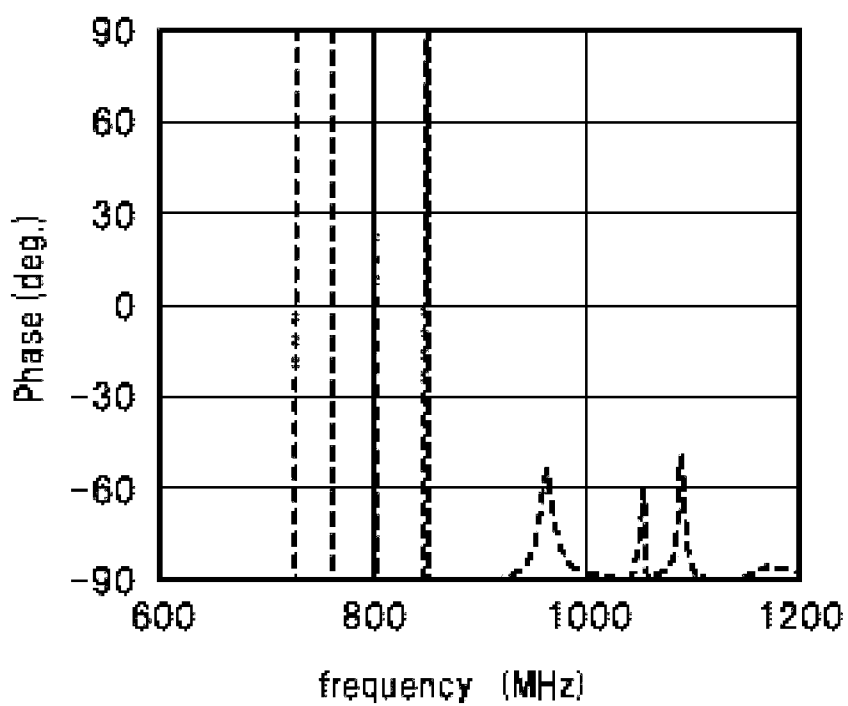
[illegible]

[図6]

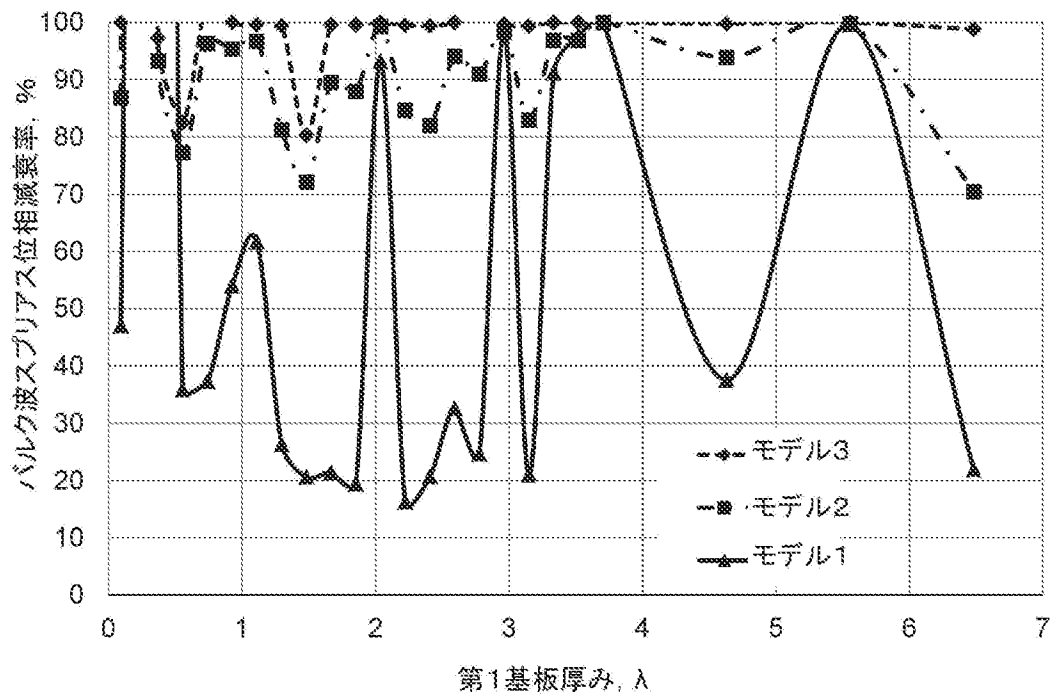
(a)



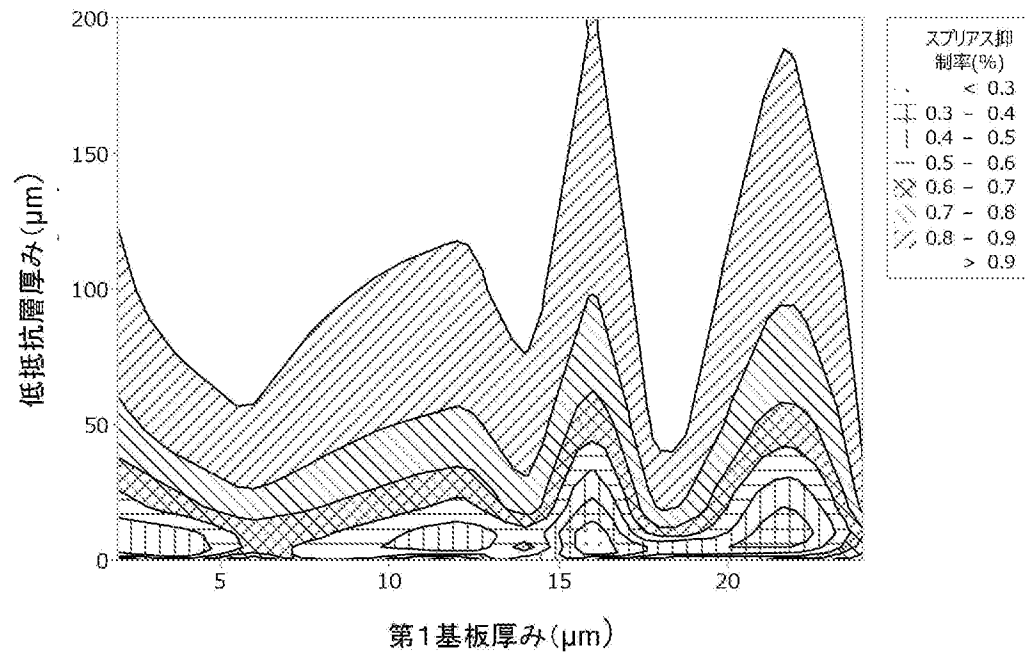
(b)



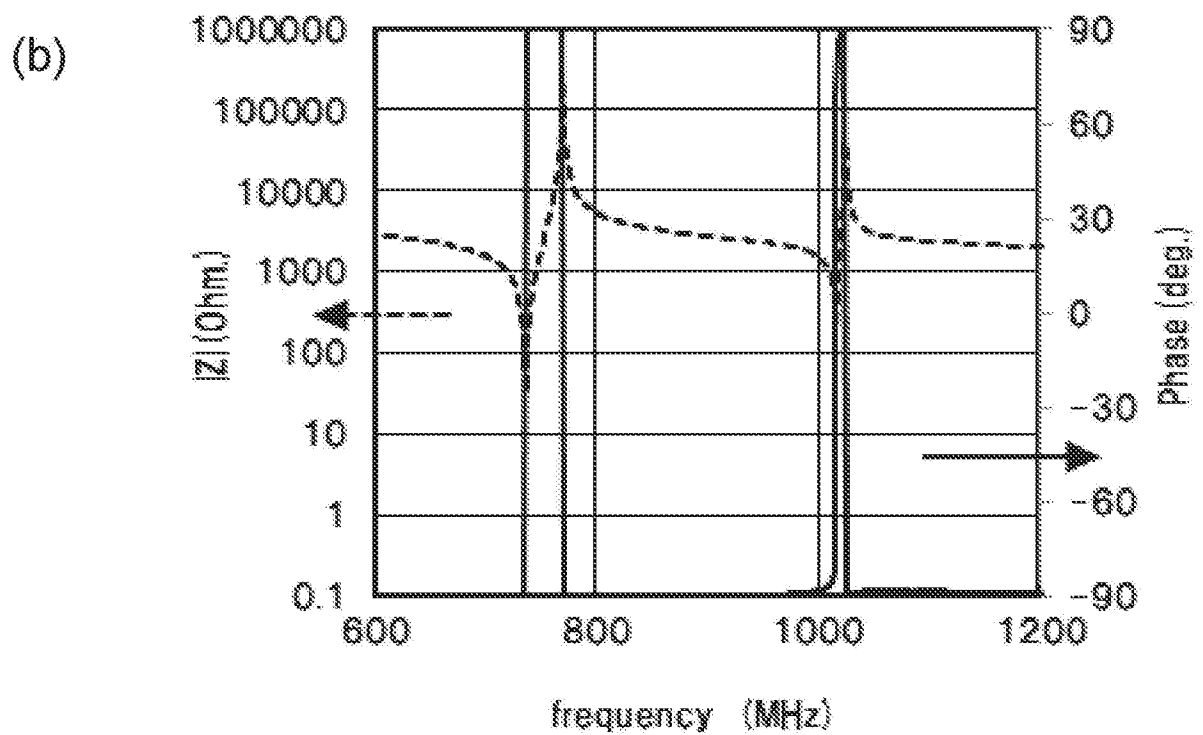
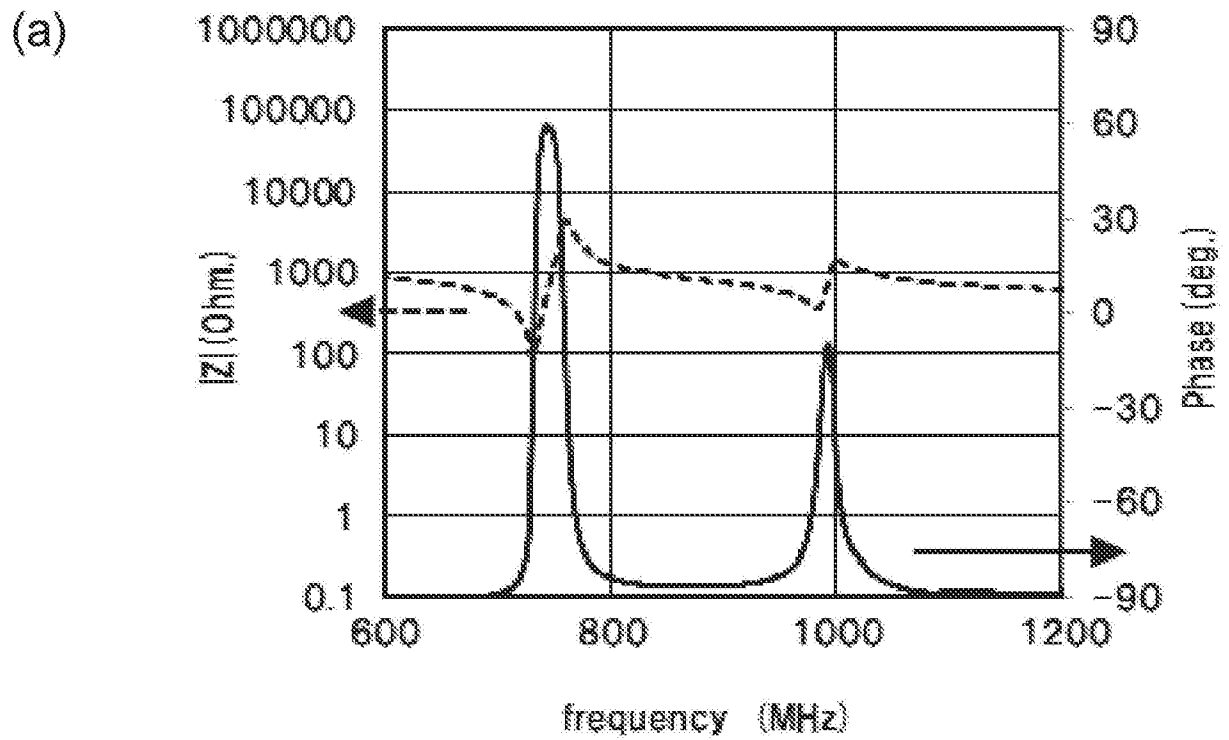
[図7]



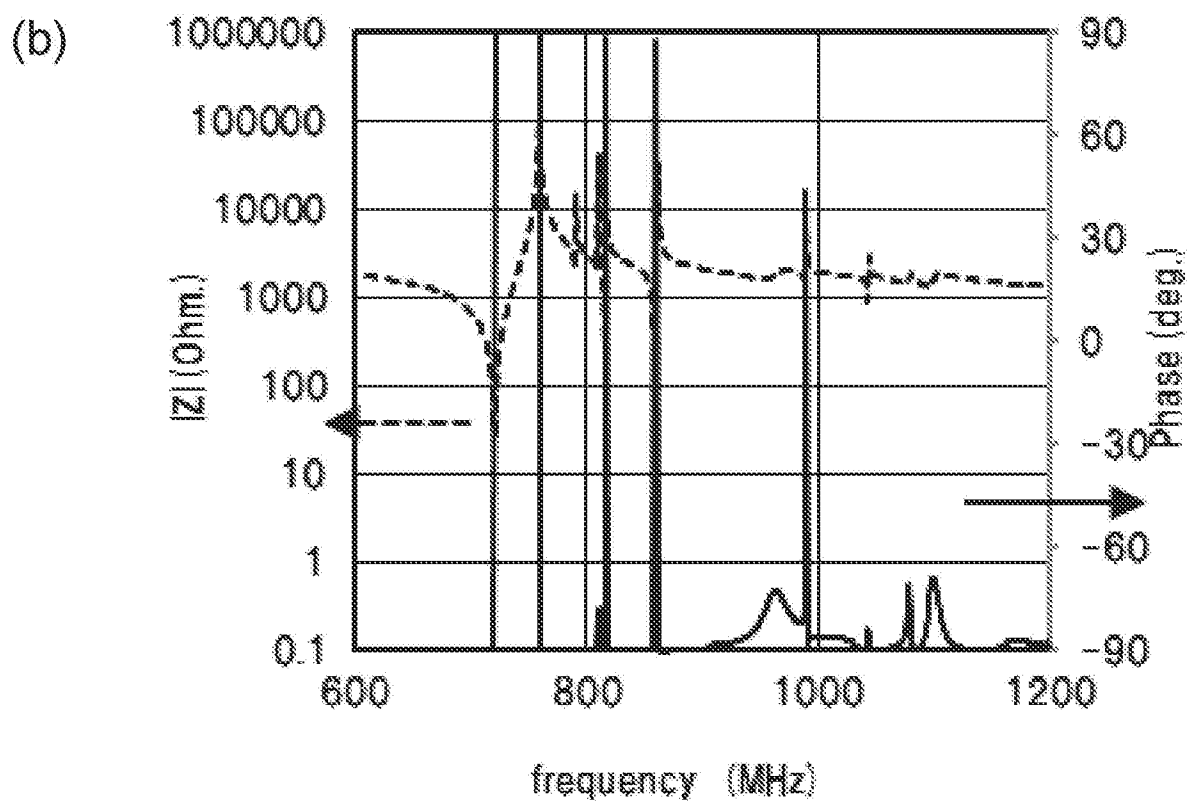
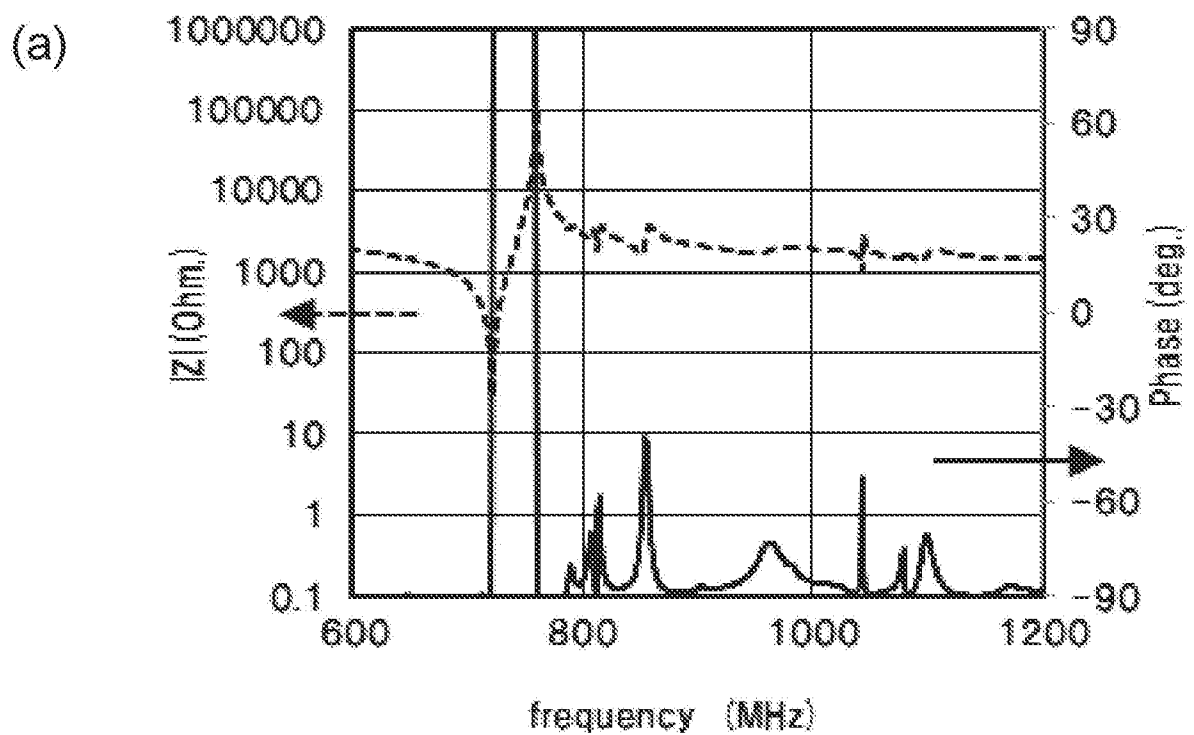
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/027503

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H03H9/25 (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)

Int.Cl. H03H9/25

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
A	JP 63-294009 A (CLARION CO., LTD.) 30 November 1988, fig. 1 & GB 2206256 A, fig. 1 & DE 3817728 A1 & FR 2616021 A1	1-9
A	JP 2002-026687 A (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 25 January 2002, fig. 1 & US 2001/0035695 A1, fig. 1 & GB 2366104 A & DE 10121169 A1	1-9
A	WO 2016/198542 A1 (SOITEC) 15 December 2016, fig. 2C & US 2018/0159498 A1, fig. 2C & FR 3037443 A1	1-9
A	WO 2012/124648 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 20 September 2012, fig. 7 & US 2014/0009036 A1, fig. 7 & EP 2688206 A1	1-9
E, X	JP 6375471 B1 (NIPPON GLASS CO., LTD.) 15 August 2018, paragraphs [0016]-[0061], fig. 2 (Family: none)	1-3, 7-9

☐ 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

"I" 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
13 September 2018 (13.09.2018)

Date of mailing of the international search report
25 September 2018 (25.09.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H03H9/25 (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（IPC））

Int.Cl. H03H9/25

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
A	JP 63-294009 A（クラリオン株式会社）1988.11.30, [図1] & GB 2206256 A, [図1] & DE 3817728 A1 & FR 2616021 A1	1-9
A	JP 2002-026687 A（株式会社村田製作所）2002.01.25, [図1] & US 2001/0035695 A1, [図1] & GB 2366104 A & DE 10121169 A1	1-9
A	WO 2016/198542 A1 (SOITEC) 2016.12.15, [図2C] & US 2018/0159498 A1, [図2C] & FR 3037443 A1	1-9

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

13.09.2018

国際調査報告の発送日

25.09.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

石田 昌敏

5W

4181

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

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
A	WO 2012/124648 A1 (株式会社村田製作所) 2012. 09. 20, [図 7] & US 2014/0009036 A1, [図 7] & EP 2688206 A1	1-9
E, X	JP 6375471 B1 (日本硝子株式会社) 2018. 08. 15, 段落 [0016] - [0061] , [図 2] (ファミリーなし)	1-3, 7-9