

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

fingers extending from the first bus bar each have a first portion which is located in the central region and a second portion which is located on the first bus bar side or a second bus bar side of the central region. The mass per unit length of the first electrode fingers on the lower surface is such that the value thereof for the first portions is greater than the value thereof for the second portions.

(57) 要約 : 圧電層と支持体との間に、平面透視において I D T 電極と重なる空洞が構成されている。第 1 電極指と第 2 電極指とが互いに重複する交差領域は、中央領域と、その両側の 2 つの端部領域とを有している。空洞は、中央領域に重なっている。空洞の第 1 バスバー側の縁部は、中央領域の第 1 バスバー側の縁部から第 1 バスバーの中央領域とは反対側の縁部までの範囲内に位置している。第 1 バスバーから延びている第 1 電極指は、中央領域に位置している第 1 部位と、中央領域に対して第 1 バスバー側又は第 2 バスバー側に位置している第 2 部位とを有している。単位長さ当たりの、複数の第 1 電極指の下面上の質量は、第 1 部位における値よりも第 2 部位における値が大きい。

明 細 書

発明の名称：弾性波素子及び通信装置

技術分野

[0001] 本開示は、弾性波から電気信号への変換、及び電気信号から弾性波への変換の少なくとも一方が可能な弾性波素子、並びに当該弾性波素子を含む通信装置に関する。

背景技術

[0002] 弾性波素子として、圧電層と、圧電層上に位置するIDT (Interdigital Transducer) 電極とを有するものが知られている (例えば、下記特許文献1又は2)。IDT電極は、1対の櫛歯電極を有する。各櫛歯電極は、バスバーと、バスバーから互いに並列に延びる複数の電極指とを有する。1対の櫛歯電極は、互いに噛み合うように配置される。

[0003] 特許文献1では、圧電層は、上面に空洞が形成された支持体の上面に重ねられている。IDT電極は、平面透視において空洞に重なるように設けられている。平面透視において、空洞の縁部は、IDT電極の外側に位置するか、バスバーに重なっている。特許文献2では、電極指は、バスバーに接続されている根元部分の幅が他の部分の幅よりも広くされている。なお、これらの文献の内容は、本願において参照による援用がなされてよい。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-257019号公報
特許文献2：国際公開第2020/100949号

発明の概要

[0005] 本開示の一態様に係る弾性波素子は、支持体と、前記支持体上の圧電層と、前記圧電層上のIDT電極と、を有している。前記圧電層と前記支持体との間に、平面透視において前記IDT電極と重なる空洞が構成されている。前記IDT電極は、第1方向に交差する方向において互に対向している第

1 バスバー及び第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互いに並列に延びている複数の第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互いに並列に延びている複数の第2電極指と、を有している。前記複数の第1電極指と複数の第2電極指とは、前記第1方向に交互に配列されている。互いに隣り合っている第1電極指と第2電極指とを前記第1方向に見たときに両者が互いに重複する交差幅で、前記複数の第1電極指及び前記複数の第2電極指の配列に沿って延びている領域を交差領域と呼称する。該交差領域は、中央領域と、第1端部領域と、第2端部領域とを有している。前記中央領域は、前記第1バスバーと前記第2バスバーとの間の中央位置を含む。前記第1端部領域は、前記中央領域の前記第1バスバー側の縁部から前記交差領域の前記第1バスバー側の縁部までの間の領域である。前記第2端部領域は、前記中央領域の前記第2バスバー側の縁部から前記交差領域の前記第2バスバー側の縁部までの間の領域である。前記空洞は、前記中央領域に重なっている。前記空洞の前記第1バスバー側の縁部は、前記中央領域の前記第1バスバー側の縁部から前記第1バスバーの前記中央領域とは反対側の縁部までの範囲内に位置している。前記複数の第1電極指のそれぞれは、前記中央領域に位置している第1部位と、前記中央領域に対して前記第1バスバー側又は前記第2バスバー側に位置する第2部位と、を有している。前記第1方向に直交する第2方向における単位長さ当たりの、前記複数の第1電極指の下面上の質量は、前記第1部位における値よりも前記第2部位における値が大きい。

[0006] 本開示の一態様に係る通信装置は、上記弾性波素子を含むフィルタと、前記フィルタと接続されているアンテナと、前記フィルタを介して前記アンテナと接続されている集積回路素子と、を有している。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]実施形態に係る弾性波素子の構成を示す平面図である。

[図2]図1の領域IIの拡大図である。

[図3A]図2のIII-III線における断面図である。

[図3B]変形例を示す断面図である。

[図4A]比較例に係る共振子の特性を示す図である。

[図4B]比較例及び実施例に係る共振子の特性を示す図である。

[図5A]比較例に係る共振子における空洞の位置及び特性を示す図である。

[図5B]第1実施例に係る共振子における空洞の位置及び特性を示す図である

。

[図5C]第2実施例に係る共振子における空洞の位置及び特性を示す図である

。

[図6A]第3実施例に係る共振子における空洞の位置及び特性を示す図である

。

[図6B]第4実施例に係る共振子における空洞の位置及び特性を示す図である

。

[図6C]第5実施例に係る共振子における空洞の位置及び特性を示す図である

。

[図7A]空洞層の材料が S_i である共振子の特性を示す図である。

[図7B]図7Aに係る共振子の他の特性を示す図である。

[図8A]空洞層が S_i と S_iO_2 とを有する共振子の特性を示す図である。

[図8B]図8Aに係る共振子の他の特性を示す図である。

[図9A]空洞層が S_i と低抵抗層とを有する共振子の特性を示す図である。

[図9B]図9Aに係る共振子の他の特性を示す図である。

[図10A]空洞層が S_i と AlN とを有する共振子の特性を示す図である。

[図10B]図10Aに係る共振子の他の特性を示す図である。

[図11A]空洞層が S_i と HfO_2 とを有する共振子の特性を示す図である。

[図11B]図11Aに係る共振子の他の特性を示す図である。

[図12A]拡幅部のDutyが0.70である共振子の特性を示す図である。

[図12B]図12Aに係る共振子の他の特性を示す図である。

[図13A]拡幅部のDutyが0.80である共振子の特性を示す図である。

[図13B]図13Aに係る共振子の他の特性を示す図である。

[図14A]バスバーの幅が互いに異なる比較例及び実施例に係る共振子の特性を示す図である。

[図14B]図14Aに係る共振子の他の特性を示す図である。

[図15A]バスバーの幅の変化に対する共振子の特性の変化を示す図である。

[図15B]図15Aに係る共振子の他の特性を示す図である。

[図16A]第2実施形態に係る共振子の特性を示す図である。

[図16B]図16Aに係る共振子の他の特性を示す図である。

[図17]実施形態に係る分波器の構成を模式的に示す回路図である。

[図18]実施形態に係る通信装置の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本開示に係る実施形態について、図面を参照して説明する。以下の説明で用いられる図は模式的なものである。従って、例えば、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] 本開示に係る弾性波素子は、いずれの方向が上方または下方とされてもよい。ただし、以下では、便宜的に、D1軸、D2軸およびD3軸からなる直交座標系を定義するとともに、D3軸の正側を上方として、上面または下面等の用語を用いることがある。また、平面視または平面透視という場合、特に断りが無い限りは、D3方向に見ることをいう。なお、D1軸は、後述する圧電層の上面に沿って伝搬する弾性波の伝搬方向に平行になるように定義され、D2軸は、圧電層の上面に平行かつD1軸に直交するように定義され、D3軸は、圧電層の上面に直交するように定義されている。

[0010] <第1実施形態>

(弾性波素子の全体構成)

図1は、実施形態に係る弾性波素子1（以下、単に「素子1」ということがある。）の要部の構成を示す平面図である。

[0011] 素子1は、例えば、複合基板3と、複合基板3の上面に位置する導体層5とを有している。複合基板3の上面の少なくとも一部の領域（例えば図1に示されている領域）は、圧電性を有している（圧電体である。）。導体層5

から圧電体に電圧が印加されることによって、圧電体を伝搬する弾性波が励振される。及び／又は、弾性波が圧電体を伝搬することによって、圧電体に電荷が生成され、導体層5に電圧が印加される。素子1は、例えば、このような弾性波と電圧（電気信号）との間の変換を利用する共振子及び／又はフィルタを構成してよい。

[0012] 素子1においては、適宜なモードの弾性波が利用されてよい。例えば、薄板状の圧電体を伝搬する板波が利用されてよい。板波としては、例えば、A1モードのラム波、S0モードのラム波及びSH（Shear Horizontal）型の板波が挙げられる。ラム波は、伝搬方向（D1方向）における変位成分と圧電体の厚さ方向（D3方向）における変位成分とを主たる成分とする波である。A1モードのラム波は、厚さ方向の節の数が1つであるラム波である。また、弾性波は、レイリー波又はリーキー波であってもよい。

[0013] 特に図示しないが、素子1は、導体層5の上から複合基板3の上面を覆う絶縁性の保護膜を有していてもよい。保護膜は、例えば、導体層5の腐食を抑制することに寄与したり、及び／又は温度補償に寄与したりしてよい。保護膜の材料としては、例えば、 SiO_2 、 Si_3N_4 及びSiを挙げることができ、保護膜は、これらの材料の積層体であってもよい。

[0014] また、素子1は、導体層5の上面又は下面に重なり、基本的に平面透視において導体層5に収まる形状を有している付加膜を有していてもよい。このような付加膜は、例えば、導体層5の材料とは音響的な特性が異なる絶縁材料又は金属材料からなり、弾性波の反射係数を向上させることに寄与する。

[0015] 素子1は、適宜にパッケージングされてよい。パッケージは、例えば、不図示の基板上に隙間を介して複合基板3の上面を対向させるように図示の構成を実装し、その上からモールド樹脂によって封止を行うものであってもよいし、複合基板3上に箱型のカバーを設けるウェハレベルパッケージ型のものであってもよい。

[0016] （導体層の概略構成）

導体層5の厚さは、例えば、概ね、平面方向（D1-D2平面に平行な方

向)の位置によらずに一定である。導体層5の厚さは、素子1に要求される特性に応じて適宜に設定されてよい。例えば、導体層5の厚さは、0.04 p以上0.20 p以下、及び/又は50 nm以上600 nm以下とされてよい。

[0017] 導体層5は、例えば、金属により形成されている。金属は、適宜な種類のものでされてよく、例えば、アルミニウム(AI)またはAIを主成分とする合金(AI合金)である。AI合金は、例えば、AI-銅(Cu)合金である。なお、導体層5は、複数の金属層から構成されていてもよい。また、AIまたはAI合金と、複合基板3との間に、これらの接合性を強化するためのチタン(Ti)からなる比較的薄い層が設けられていてもよい。

[0018] 導体層5は、図示の例では、共振子7を構成するように形成されている。共振子7は、いわゆる1ポート弾性波共振子として構成されており、図1に概念的かつ模式的に示されている2つの端子9の一方から所定の周波数の電気信号が入力されると共振を生じ、その共振を生じた信号を2つの端子9の他方から出力可能である。

[0019] 導体層5(別の観点では共振子7)は、例えば、IDT電極11と、IDT電極11の両側に位置する1対の反射器13とを含んでいる。なお、共振子7は、厳密には、弾性波の伝搬に係る複合基板3の圧電層(後述)を含む。ただし、便宜上、IDT電極11及び1対の反射器13の組み合わせを共振子7として表現することがある。

[0020] IDT電極11は、1対の櫛歯電極15を含んでいる。各櫛歯電極15は、例えば、バスバー17と、バスバー17から互いに並列に延びる複数の電極指19と、複数の電極指19間においてバスバー17から突出するダミー電極21とを含んでいる。1対の櫛歯電極15は、複数の電極指19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。

[0021] バスバー17は、例えば、概略、一定の幅で弾性波の伝搬方向(D1方向)に直線状に延びる長尺状に形成されている。1対のバスバー17は、弾性波の伝搬方向に直交する方向(D2方向)において互に対向している。な

お、バスバー 17 は、幅が変化したり、弾性波の伝搬方向に対して傾斜したりしていてもよい。

[0022] 複数の電極指 19 は、基本的には互いに同じ形状及び寸法を有している。各電極指 19 は、例えば、概略、弾性波の伝搬方向に直交する方向（D2 方向）に直線状に延びる長尺状に形成されている。各櫛歯電極 15 において、複数の電極指 19 は、弾性波の伝搬方向に配列されている。また、一方の櫛歯電極 15 の複数の電極指 19 と他方の櫛歯電極 15 の複数の電極指 19 とは、基本的には交互に配列されている。

[0023] 複数の電極指 19 のピッチ p（例えば互いに隣り合う 2 本の電極指 19 の中心間距離）は、IDT 電極 11 内において基本的に一定である。なお、IDT 電極 11 は、一部にピッチ p に関して特異な部分を有していてもよい。特異な部分としては、例えば、大部分（例えば 8 割以上）よりもピッチ p が狭くなる狭ピッチ部、大部分よりもピッチ p が広くなる広ピッチ部、少数の電極指 19 が実質的に間引かれた間引き部が挙げられる。

[0024] 以下において、ピッチ p という場合、特に断りがない限りは、上記のような特異な部分を除いた部分（複数の電極指 19 の大部分）のピッチをいうものとする。また、特異な部分を除いた大部分の複数の電極指 27 においても、ピッチが変化しているような場合においては、大部分の複数の電極指 27 のピッチの平均値をピッチ p の値として用いてよい。

[0025] 電極指 19 の本数は、共振子 7（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てよい。図 1 は模式図であることから、電極指 19 の本数は少なく示されている。実際には、図示よりも多くの電極指 19 が配列されてよい。後述する反射器 13 のストリップ電極 25 についても同様である。

[0026] 複数の電極指 19 の長さは、例えば、互いに同等である。なお、IDT 電極 11 は、複数の電極指 19 の長さ（別の観点では交差幅）が伝搬方向の位置に応じて変化する、いわゆるアポダイズが施されていてもよい。電極指 19 の長さ及び幅は、要求される電気特性等に応じて適宜に設定されてよい。

[0027] ダミー電極 21 は、例えば、概略、一定の幅で弾性波の伝搬方向に直交す

る方向に突出する形状とされている。また、一方の櫛歯電極 15 のダミー電極 21 の先端は、他方の櫛歯電極 15 の電極指 19 の先端とギャップ G1 を介して対向している。なお、IDT 電極 11 は、ダミー電極 21 を含まないものであってもよい。

[0028] 1 対の反射器 13 は、弾性波の伝搬方向において複数の IDT 電極 11 の両側に位置している。各反射器 13 は、例えば、電氣的に浮遊状態とされてもよいし、基準電位が付与されてもよい。各反射器 13 は、例えば、格子状に形成されている。すなわち、反射器 13 は、互いに対向する 1 対のバスバー 23 と、1 対のバスバー 23 間において延びる複数のストリップ電極 25 とを含んでいる。複数のストリップ電極 25 のピッチ、および互いに隣接する電極指 19 とストリップ電極 25 とのピッチは、基本的には複数の電極指 19 のピッチと同等である。

[0029] 1 対の櫛歯電極 15 に電圧が印加されると、複数の電極指 19 によって複合基板 3 の圧電性を有する上面に電圧が印加され、複合基板 3 の上面が振動する。これにより、複合基板 3 の上面に沿って伝搬する弾性波が励振される。このとき、複数の電極指 19 によって励振された複数の弾性波は、その半波長が概ねピッチ p と同等であるときに、複数の電極指 19 に直交する方向 (D1 方向) において互いに同相となり、その振幅が足し合わされる。すなわち、ピッチ p を半波長とし、D1 方向に伝搬する弾性波が最も励振されやすい。その結果、IDT 電極 11 に印加された電圧のうち、主として、概ねピッチ p を半波長とする弾性波の周波数と同等の周波数を有する成分が弾性波に変換される。また、複合基板 3 の上面のうち 1 対の櫛歯電極 15 の配置領域に弾性波が生じた場合においては、上記とは逆の原理によって、主として、概ねピッチ p を半波長とし、D1 方向に伝搬する弾性波が電圧に変換される。このような原理を利用して、共振子又はフィルタが実現される。

[0030] 弾性波として A1 モードのラム波を用いた場合、その伝搬速度 (音速) は、一般的な SAW (Surface Acoustic Wave) の伝搬速度よりも速い。例えば、一般的な SAW の伝搬速度が $3000 \sim 4000 \text{ m/s}$ であるのに対して

、A1モードのラム波の伝搬速度は10000m/s以上である。従って、従来と同等のピッチpで、従来よりも高周波領域での共振を実現することができる。例えば、1μm以上のピッチpで5GHz以上の共振周波数を実現することができる。

[0031] (バスバー間の領域の区分)

複合基板3の上面のうち1対のバスバー17間の領域は、IDT電極11の形状に基づいて、D2方向において複数の領域に区分して考えられてよい。この区分に基づいて、電極指19の拡幅部19b(後述)のD2方向における範囲が設定されたり、複合基板3の空洞33(後述)のD2方向における範囲が設定されたりしてよい。本実施形態の説明では、1対のバスバー17間の領域を以下のように区分する。

[0032] 図2は、図1の領域IIの拡大図である。

[0033] 以下の説明では、一方の櫛歯電極15に属する電極指19を電極指19Aといい、他方の櫛歯電極15に属する電極指19を電極指19Bということがある。同様に、前記一方の櫛歯電極15に属するバスバー17をバスバー17Aといい、前記他方の櫛歯電極15に属するバスバー17をバスバー17Bということがある。前記一方の櫛歯電極15に属するダミー電極21をダミー電極21Aといい、前記他方の櫛歯電極15に属するダミー電極21をダミー電極21Bということがある。また、D2方向に関して、1対のバスバー17間の中央位置の側を「内側」ということがあり、中央位置とは逆側を「外側」ということがあ

[0034] 1対のバスバー17間の領域は、いわゆる交差領域R6と、交差領域R6に対してD2方向の両側に位置する2つの外側領域R5とを有している。交差領域R6は、互いに隣り合っている電極指19Aと電極指19Bとを弾性波の伝搬方向(D1方向)に見たときに両者が互いに重複する幅(交差幅)で、複数の電極指19A及び複数の電極指19Bの配列に沿って延びている領域ということができる。別の観点では、交差領域R6は、複数の電極指19Aの先端を結ぶ仮想線と、複数の電極指19Bの先端を結ぶ仮想線とに挟

まれている領域である。外側領域 R 5 は、1 対のバスバー 1 7 間の領域から交差領域 R 6 を除いた残りの領域である。

[0035] 交差領域 R 6 は、中央領域 R 4 と、中央領域 R 4 に対して D 2 方向の両側に位置する 2 つの端部領域 R 3 とを有している。中央領域 R 4 は、1 対のバスバー 1 7 間の中央位置を含む領域である。端部領域 R 3 は、交差領域 R 6 から中央領域 R 4 を除いた残りの領域である。すなわち、端部領域 R 3 は、中央領域 R 4 の一方（又は他方）のバスバー 1 7 側の縁部から交差領域 R 6 の前記一方（又は前記他方）のバスバー 1 7 側の縁部までの領域である。別の観点では、端部領域 R 3 は、電極指 1 9 A 及び 1 9 B の一方の先端部が位置する領域である。

[0036] 外側領域 R 5 は、例えば、バスバー 1 7 側のダミー領域 R 1 と、交差領域 R 6 側のギャップ領域 R 2 とを有している。ダミー領域 R 1 は、ダミー電極 2 1 が位置する領域である。すなわち、ダミー領域 R 1 は、一方（又は他方）のバスバー 1 7 の内側（中央領域 R 4 側）の縁部から前記一方（又は前記他方）のバスバー 1 7 から突出している複数のダミー電極 2 1 の先端を結ぶ仮想線までの領域である。ギャップ領域 R 2 は、ダミー電極 2 1 と電極指 1 9 との先端との間のギャップ G 1 が位置する領域である。すなわち、ギャップ領域 R 2 は、複数の電極指 1 9 A（又は 1 9 B）の先端を結ぶ仮想線から複数のダミー電極 2 1 A（又は 2 1 B）の先端を結ぶ仮想線までの領域である。

[0037] 交差領域 R 6 のバスバー 1 7 側の縁部（端部領域 R 3 のバスバー 1 7 側の縁部）、及び外側領域 R 5 のバスバー 1 7 側の縁部（ダミー領域 R 1 のバスバー 1 7 側の縁部）は、例えば、弾性波の伝搬方向（D 1 方向）に平行な直線状である。ただし、これらの縁部は、曲線状に曲がっていてもよいし、角部を成すように曲がっていてもよいし、伝搬方向に対して傾斜していてもよいし、蛇行するように延びていてもよい。別の観点では、既に触れたように、IDT 電極 1 1 は、アポダイズが施されていてよい。また、バスバー 1 7 は、曲がっていたり、弾性波の伝搬方向に対して傾斜していたりしてよい。

[0038] 中央領域 R 4 のバスバー 1 7 側の縁部は、例えば、交差領域 R 6 のバスバー 1 7 側の縁部との距離（別の観点では端部領域 R 3 の幅）が、D 1 方向の位置によらずに一定となるように設定されてよい。同様に、ギャップ領域 R 2 のバスバー 1 7 側の縁部は、例えば、交差領域 R 6 のバスバー 1 7 側の縁部との距離（別の観点ではギャップ領域 R 2 の幅）が、D 1 方向の位置によらずに一定となるように設定されてよい。ただし、これらの間隔は、D 1 方向の位置によって異なってもよい。

[0039] 複数の領域の幅（D 2 方向の長さ）の相対関係は適宜に設定されてよい。例えば、交差領域 R 6 の幅は、2 つの外側領域 R 5 の幅の合計よりも広くされてよい。なお、アポダイズが施されている態様においては、上記の関係は、最も交差領域 R 6 の幅が広い位置において成り立ってよい。中央領域 R 4 の幅は、2 つの端部領域 R 3 の幅の合計よりも広くされてよい。1 つのダミー領域 R 1 の幅は、1 つのギャップ領域 R 2 の幅よりも広くされてよい。

[0040] 各領域の幅の具体的な値は、適宜に設定されてよい。例えば、交差領域 R 6 の幅、外側領域 R 5 の幅、ギャップ領域 R 2 の幅及びダミー領域 R 1 の幅は、公知の種々の値と概ね同様とされてよく、特に制限はない。ピッチ p との比較によって、これらの幅の範囲の一例を挙げる。交差領域 R 6 の幅は、 $10p$ 以上 $200p$ 以下とされてよい。各外側領域 R 5 の幅は、 $0.2p$ 以上 $10p$ 以下とされてよい。各ギャップ領域 R 2 の幅は、 $0.1p$ 以上 $9.9p$ 以下とされてよい。各ダミー領域 R 1 の幅は、 $0.1p$ 以上 $9.9p$ 以下とされてよい。端部領域 R 3 の幅の具体例については、後述する拡幅部 1 9 b の D 2 方向の長さの説明において述べる。

[0041] （電極指の拡幅部）

一般には、電極指 1 9 の幅は、電極指 1 9 の全長に亘って一定とされる。本実施形態では、電極指 1 9 の幅が長さ方向の位置によって異なっている。これにより、例えば、横モードのスプリアスが低減される。具体的には、以下のとおりである。

[0042] 交差領域 R 6 及び外側領域 R 5 の定義から明らかなように、各電極指 1 9

は、交差領域 R 6（中央領域 R 4 + 端部領域 R 3）に位置する部分と、2つの外側領域 R 5 の一方（ギャップ領域 R 2 + ダミー領域 R 1）に位置する部分を有している。電極指 1 9 のうち、中央領域 R 4 に位置する部分を主部 1 9 a と呼称するものとする。電極指 1 9 は、中央領域 R 4 の縁部からバスバー 1 7 の中央領域 R 4 側の縁部までの範囲（R 3 + R 2 + R 1）の少なくとも一部に、主部 1 9 a の幅（D 1 方向の長さ）よりも広い幅を有する拡幅部 1 9 b を有している。

[0043] 電極指 1 9 のうち、中央領域 R 4 の外側に位置する部分としては、電極指 1 9 の先端部と、電極指 1 9 の根本側（バスバー 1 7 に接続される側）の部分との2つが存在する。電極指 1 9 において、拡幅部 1 9 b は、そのいずれか一方に設けられてもよいし、双方に設けられてもよい。図示の例では、拡幅部 1 9 b は、根本側に設けられている。

[0044] 拡幅部 1 9 b が電極指 1 9 の根本側に設けられている場合、拡幅部 1 9 b は、端部領域 R 3、ギャップ領域 R 2 及びダミー領域 R 1 のいずれか1つ以上の領域に設けられてよい。また、拡幅部 1 9 b は、各領域の一部に位置してもよいし、各領域の全体に位置してもよい。図示の例では、拡幅部 1 9 b は、上記3つの領域（R 3、R 2 及び R 1）の全体に亘っている。なお、図示の例とは異なり、拡幅部 1 9 b が電極指 1 9 の先端側に設けられている場合、拡幅部 1 9 b は、端部領域 R 3 に位置する。

[0045] 上記のように、拡幅部 1 9 b は、電極指 1 9 の根本側及び／又は先端側に設けられることによって、端部領域 R 3 に位置してよい。このような態様においては、既述の中央領域 R 4 及び端部領域 R 3 の定義の説明に対して逆説的であるが、交差領域 R 6 のうち、拡幅部 1 9 b が位置する部分が端部領域 R 3 として定義されてよい。

[0046] 拡幅部 1 9 b が中央領域 R 4 の外側の任意の領域に設けられてよい旨の説明から明らかなように、拡幅部 1 9 b の D 2 方向の長さは適宜に設定されてよい。また、図示の例のように、拡幅部 1 9 b がバスバー 1 7 から中央領域 R 4 の縁部までの範囲の全体に亘っている場合において、拡幅部 1 9 b の D

2方向における長さについては、例えば、既述の特許文献2（国際公開第2020/100949号）の内容が援用されてよい。

[0047] 特許文献2では、本実施形態のIDT電極11を有する弾性波素子が試作され、その周波数特性が測定されている。具体的には、本開示の図2に示すように、拡幅部19bのバスバー17から中央領域R4側への長さのうち、ダミー電極21の先端から中央領域R4側への長さ（別の観点では1つのギャップ領域R2の幅と1つの端部領域R3の幅との合計）が「オフセット量s1」として定義されている。各ギャップ領域R2の幅を0.3pとし、オフセット量s1を0p以上10p以下の範囲で互いに異ならせた複数の試作品が作製されている。そして、オフセット量s1が1p以上3p以下である場合（特に1.5p以上2.5p以下である場合）、周波数特性が向上することが見出されている。また、上記の範囲外においても、特性が向上するオフセット量が存在し得ることが図に示されている。

[0048] 従って、バスバー17から中央領域R4側へ延びている拡幅部19bのD2方向の長さは、例えば、オフセット量s1が0p超10p以下、1p以上3p以下、又は1.5p以上2.5p以下になるように設定されてよい。別の観点では、端部領域R3の幅は、例えば、0p超10p以下、0.5p以上2.5p以下、又は1.0p以上2.0p以下とされてよい。端部領域R3の幅が上記のような値とされるとき、中央領域R4の幅は、例えば、交差領域R6の幅の65%以上とされてよい。

[0049] 拡幅部19bの幅は適宜に設定されてよい。例えば、拡幅部19bの幅については、特許文献2の内容が援用されてよい。特許文献2では、上記のように、本実施形態のIDT電極11を有する弾性波素子が試作され、その周波数特性が測定されている。具体的には、電極指19のピッチpに対する電極指19の幅の比であるDuty（＝幅／ピッチp）によって電極指19の幅が規定されている。主部19aのDutyを0.35以上0.50以下の範囲で互いに異ならせ、拡幅部19bのDutyを主部19aのDuty以上0.75以下の範囲で互いに異ならせた複数の試作品が作製されている。

そして、概略、拡幅部19bのDutyが、主部19aのDutyに対して0.50以上1.50以下の差で大きい場合に周波数特性が向上することが見出されている。また、本開示における後述するシミュレーション計算では、主部19aのDutyを0.50とし、拡幅部19bのDutyを0.60以上0.80以下の範囲で異ならせたケースにおいて、横モードのスプリアスの低減効果が得られている。

[0050] 従って、拡幅部19bのDutyは、例えば、主部19aのDutyよりも0.05以上大きいことを前提として、0.40以上0.80以下、0.40以上0.65以下、又は0.50以上0.60以下とされてよい。及び／又は、拡幅部19bのDutyは、主部19aのDutyに対して0.5以上1.5以下の差で大きい値とされてよい。別の観点では、拡幅部19bの幅は、主部19aの幅の1.05倍以上又は1.1倍以上とされてよく、2倍以下又は1.3倍以下とされてよく、上記の下限と上限とは適宜に組み合わせられてよい。

[0051] 電極指19の密度及び厚さは、例えば、電極指19の全長に亘って一定である。従って、拡幅部19bは、別の観点では、D2方向における単位長さ当たりの質量が、主部19aにおけるものよりも大きい部位であるということが出来る。

[0052] ダミー電極21の幅は、例えば、主部19aの幅以上拡幅部19bの幅以下の範囲で適宜に設定されてよい。例えば、ダミー電極21の幅は、電極指19の拡幅部19bの幅と同等であってもよいし（図示の例）、電極指19の主部19aの幅と同等であってもよいし、双方と異なってもよい。

[0053] (複合基板)

図3は、図2のIII-III線における断面図である。

[0054] 複合基板3は、例えば、支持体29と、支持体29の上面に位置している圧電層31とを有している。圧電層31は、複合基板3の上面の少なくとも一部の領域を構成している。導体層5のうち、少なくとも共振子7を構成している部分は、圧電層31の上面に位置している。これにより、既述のよう

に、弾性波と電気信号との変換が可能となっている。なお、本実施形態の説明では、特に断りがない限り、圧電層 31 は、複合基板 3 の上面の全部を構成しており、導体層 5 の全部が圧電層 31 の上面に位置しているものとする。

[0055] 支持体 29 と圧電層 31 との間には空洞 33 が構成されている。空洞 33 は、平面透視において、共振子 7（別の観点では I D T 電極 11）と重なっている。これにより、例えば、後述するように、特定のモードの弾性波を励振することが容易化される。

[0056] 空洞 33 は、支持体 29 の上面、及び圧電層 31 の下面の少なくとも一方に凹部が形成されることによって構成されてよい。図示の例では、支持体 29 の上面に凹部が形成されることによって空洞 33 が構成されている。より詳細には、支持体 29 は、支持基板 35 と、支持基板 35 の上面に位置する空洞層 37 とを有している。空洞層 37 には、空洞層 37 を厚さ方向に貫通する開口が構成されており、この開口が空洞 33 となる。ただし、図示の例とは異なり、一体に形成されている支持体 29 の上面に凹部が形成されていてもよい。

[0057] 複合基板 3 の厚さは、例えば、平面方向において概ね一定である。また、当該厚さの具体的な値は適宜に設定されてよい。例えば、複合基板 3 の厚さは、素子 1 が多数個取りされるウェハの強度を確保できるように設定されてよい。複合基板 3 を構成する各層（29、31、35、37、並びに後述する 37 a 及び 37 b）の厚さは、例えば、空洞 33 を構成するために厚みが減じられている領域を除いて、平面方向において概ね一定である。

[0058] （支持体）

支持基板 35 の厚さは、適宜に設定されてよい。例えば、支持基板 35 の厚さは、圧電層 31 の厚さ及び空洞層 37 の厚さそれぞれよりも厚く、また、これらの合計よりも厚い。

[0059] 支持基板 35 の材料は適宜に設定されてよい。支持基板 35（換言すれば支持体 29 の上面を構成する部分よりも下方部分）は、空洞層 37 とは異なる

り、圧電層 31 の内部を伝搬する弾性波に関する境界条件に及ぼす影響が小さい、又は無い。従って、支持基板 35 の材料の自由度は高い。支持基板 35 の材料は、例えば、複合基板 3 の強度が向上するように選択されてよい。

[0060] 支持基板 35 の材料は、例えば、絶縁材料である。絶縁材料は、例えば、樹脂又はセラミックである。絶縁材料は、基材に樹脂を含浸させた複合材料、又は樹脂に無機粒子を混ぜ込んだ複合材料であってもよいし、複合材料ではない単一の材料であってもよい。支持基板 35 は、その全体が 1 種類の材料によって構成されていてもよいし、互いに異なる材料からなる層が積層されることなどによって複数の材料によって構成されていてもよい。支持基板 35 は、圧電層 31 に比較して熱膨張係数が低い材料によって構成されてもよい。この場合、例えば、温度変化によって素子 1 の周波数特性が変化してしまう蓋然性を低減することができる。このような材料としては、例えば、シリコン等の半導体、サファイア等の単結晶及び酸化アルミニウム質焼結体等のセラミックを挙げることができる。

[0061] 空洞層 37 の厚さ（別の観点では空洞 33 の高さ）は適宜に設定されてよい。例えば、空洞層 37 の厚さは、意図されている使用状況において空洞 33 の上面（圧電層 31 の下面）と空洞 33 の下面（支持基板 35 の上面）との接触が生じない範囲で極力小さくされてもよいし、そのような大きさよりも大きくてもよい。また、例えば、空洞層 37 の厚さは、圧電層 31 の厚さに比較して、小さくてもよいし、同等でもよいし、大きくてもよい。

[0062] 空洞層 37 の材料は適宜に設定されてよい。空洞層 37（換言すれば支持体 29 の上面を構成する部分）は、圧電層 31 の下面に接することから、圧電層 31 の内部を伝搬する弾性波に関する境界条件に影響を及ぼす。従って、後述するシミュレーション計算の結果から理解されるように、当該部分の材料の設定によって、素子 1 の特性を向上させることができる。ただし、いずれの材料であっても、空洞 33（換言すれば気体）との音響的な差異は明確であり、後述する本実施形態に係る作用は奏される。

[0063] 空洞層 37 の材料において、音響インピーダンス及び／又は音速は比較的

高くてもよいし、比較的低くてもよい。音響インピーダンスは、密度と音速との積である。ここでいう音速は、弾性率（例えばヤング率）を密度で割った値の平方根である。換言すれば、空洞層 37 の密度及び／又は弾性率は、比較的高くてもよいし、比較的lowくてもよい。

[0064] 空洞層 37 の材料は、電気抵抗が比較的高いものであってもよいし、電気抵抗が比較的低いものであってもよい。後者については、空洞層 37 は、低抵抗層であるということが出来る。低抵抗層は、例えば、そのシート抵抗が $5 \times 10^3 \Omega$ 以上 $5 \times 10^7 \Omega$ 以下とされてよい。この値は、国際公開第 2019/022006 号に基づいている。シート抵抗が周波数依存性を有している場合においては、IDT 電極 11 の共振周波数から反共振周波数までの範囲のいずれかの周波数において、上記のシート抵抗の値が満たされてよい。

[0065] 空洞層 37 の材料の具体例としては、例えば、シリコン (Si)、二酸化ケイ素 (SiO_2)、窒化アルミニウム (AlN)、酸化ハフニウム (HfO_2)、五酸化タンタル (Ta_2O_5)、酸化ジルコニウム (ZrO_2) 及び酸化チタン (TiO_2) を挙げることができる。低抵抗層の材料としては、例えば、 SiO_x 等の絶縁材料に金属等を拡散させて抵抗率を調整した材料が用いられてよい。

[0066] 空洞層 37 は、その全体が 1 種類の材料によって構成されていてもよいし、互いに異なる材料からなる複数の層が積層されることなどによって複数の材料によって構成されていてもよい。

[0067] 図 3 B は、複数の層によって構成されている空洞層 37 の例を示す断面図であり、図 3 A の一部に相当している。

[0068] 図 3 B に例示する空洞層 37 は、第 1 層 37 a と、第 1 層 37 a の上面に重なっている第 2 層 37 b とを有してよい。第 2 層 37 b は、空洞層 37 の上面を構成しており、圧電層 31 に接している。第 2 層 37 b は、例えば、第 1 層 37 a よりも薄い。このような構成では、例えば、圧電層 31 を伝搬する弾性波に関する境界条件を考慮して第 2 層 37 b の材料を選択すること

ができる。その一方で、第1層37aによって、空洞層37の厚さ（別の観点では空洞33の高さ）、空洞層37の強度、及び／又は支持基板35との接合性を確保することができる。

[0069] 第1層37a及び第2層37bのそれぞれの材料については、既述の空洞層37の材料の説明が援用されてよい。例えば、第1層37a又は第2層37bの材料は、既述のSi、SiO₂、AlN及びHfO₂等とされてよい。また、第2層37bは、既述の低抵抗層とされてよい。第2層37bは、第1層37aの材料によって構成されている空洞層37の上面に対して金属等の所定の元素を注入したり、逆に、空洞層37の上面から所定の元素を放出させたりすることによって形成されてもよい。

[0070] なお、空洞層37の材料として例示した材料は、支持基板35に用いられてもよい。同様に、支持基板35の材料として例示した材料は、空洞層37に用いられてもよい。既述のように、図示の例とは異なり、支持体29は、空洞層37及び支持基板35を有さず、その全体が一体的に構成されてよい。この場合の支持体29の材料は、例えば、空洞層37の材料、及び／又は支持体29の材料として例示した材料とされてよい。

[0071] (圧電層)

圧電層31は、例えば、圧電性を有する単結晶によって構成されている。このような単結晶を構成する材料としては、例えば、タンタル酸リチウム(LiTaO₃。以下、LTと略すことがある。)、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃。以下、LNと略すことがある。)及び水晶(SiO₂)を挙げることができる。カット角、平面形状及び各種の寸法は適宜に設定されてよい。なお、圧電層31は、多結晶によって構成されていても構わない。

[0072] カット角の具体例を挙げる。圧電層31としてLTを用いる場合には、カット角は、オイラー角(ϕ , θ , ϕ)で($0^\circ \pm 10^\circ$, 0° 以上 55° 以下, $0^\circ \pm 10^\circ$)とされてよい。別の観点では、LTは、回転YカットX伝搬のものである。Y軸は、圧電層31の法線(D3軸)に対して 90° 以上 145° の角度で傾斜している。X軸は、圧電層31の上面(D1軸)に

概ね平行である。ただし、X軸とD1軸とは、XZ平面またはD1D2平面において -10° 以上 10° 以下の差で互いに傾斜していてもよい。

[0073] また、圧電層31としてLNを用いる場合には、カット角は、オイラー角 (ϕ, θ, ψ) で $(0^\circ \pm 10^\circ, 15^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \pm 10^\circ)$ とされてよい。別の観点では、LNは、回転YカットX伝搬のものである。Y軸は、圧電層31の法線(D3軸)に対して $105^\circ \pm 10^\circ$ の角度で傾斜している。カット角は、オイラー角で $(0^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \pm 15^\circ, \psi)$ とされてもよい。 ψ は 0° 以上 360° 以下である。カット角は、 $(0^\circ \pm 5^\circ, 0^\circ \pm 5^\circ, \psi)$ とされてもよい。別の観点では、LNは、Zカット基板とされてもよい。

[0074] 圧電層31の厚さは、適宜に設定されてよい。例えば、圧電層31の厚さは、ピッチp(既述のように特異なピッチpを除いた値)を用いて表したときに、 $1.5p$ 以下とされてよい。また、圧電層31の厚さは、 $0.3p$ 以上 $0.6p$ 以下とされてもよい。圧電層31のカット角及び厚さを上記のように設定すると、例えば、弾性波として、A1モードのラム波、又はこれに近い振動モードのものを利用することが容易化される。

[0075] 圧電層31の下面は、例えば、空洞33に露出している。ただし、圧電層31の下面は、空洞33と重なる領域を含む少なくとも一部(例えば全面)において、圧電層31よりも薄い層によって覆われていてもよい。そのような層の材料としては、例えば、空洞層37の材料として例示した材料が用いられてよい。上記の薄い層は、低抵抗層とされてもよい。圧電層31の下面に対して所定の元素を注入したり、逆に、圧電層31の下面から所定の元素を放出させたりすることによって、圧電層31の材料とは異なる材料からなる上記の薄い層が形成されてもよい。

[0076] (空洞)

空洞33は、例えば、密閉されている。空洞33には、例えば、気体が存在している。気体は、例えば、空気又は不活性ガスである。不活性ガスとしては、窒素を挙げることができる。空洞33内の気圧は、素子1の使用が想

定されている温度環境下において、大気圧に比較して、低くてもよいし、同等でもよいし、高くてもよい。

[0077] 空洞33の位置、形状及び寸法は適宜に設定されてよい。図1に示すように、平面透視において、空洞33は、共振子7の少なくとも一部に重なっている。換言すれば、空洞33は、IDT電極11の少なくとも一部に重なっている。より詳細には、空洞33は、例えば、中央領域R4の少なくとも一部（例えば全部）に重なっている。

[0078] 平面透視において、空洞33のD2方向の両側（別の観点ではバスバー17側）の縁部33aは、例えば、IDT電極11の配置領域に重なっている。より具体的には、縁部33aは、中央領域R4のバスバー17側の縁部から、バスバー17の外側（中央領域R4とは反対側）の縁部までの範囲（端部領域R3、ギャップ領域R2及びダミー領域R1）のいずれかの位置に位置している。

[0079] なお、平面透視において、空洞33の縁部33aが所定の範囲内に位置しているというとき、縁部33aは、上記範囲の縁部（他の範囲との境界）に位置していてもよい。例えば、上記の例では、縁部33aは、中央領域R4のバスバー17側の縁部、又はバスバー17の外側の縁部に位置していてもよい。平面透視において縁部33aが所定の範囲の縁部に位置すると言っても、公差が存在してよいことはもちろんであり、この限りにおいて、縁部33aは所定の範囲の外側に位置していてもよい。隣り合う領域同士の境界は、特に断りがない限り、また、矛盾が生じない限り、双方に属するものとして解釈されてよい。

[0080] 以下の説明では、バスバー17の外側の縁部から空洞33の縁部33aまでの距離を支持体29（空洞層37）の「侵入量d」（図3A）として参照することがある。

[0081] 平面透視において、空洞33のD1方向（弾性波の伝搬方向）の両側の縁部33bは、例えば、共振子7の配置領域の外側に位置している。換言すれば、縁部33bは、IDT電極11の配置領域の外側に位置している。なお

、2以上のIDT電極11がD1方向に配列されるとともに、その両側に反射器13が配置されて縦結合型多重モードフィルタが構成されている態様においては、縁部33bは、例えば、上記フィルタの配置領域の外側に位置してよい。

[0082] 平面透視において、空洞33のバスバー17側の縁部33aは、例えば、弾性波の伝搬方向（D1方向）、交差領域R6の縁部及び／又はバスバー17の縁部に対して、平行である。別の観点では、縁部33aは、交差領域R6の縁部及び／又はバスバー17の縁部との距離が一定である。また、縁部33aは、直線状に延びている。

[0083] ただし、縁部33aは、交差領域R6の縁部及び／又はバスバー17の縁部との距離が変化していてもよいし、曲線状に曲がっていてもよいし、角部を成すように曲がっていてもよいし、蛇行するように延びていてもよい。これらの場合において、上述した縁部33aの位置の説明（又は後述する説明）は、例えば、縁部33aの一部について成り立ってもよいし、大部分（例えば縁部33aをD2方向に平行にD1軸上に投影したときの長さの8割以上）について成り立ってもよいし、全部について成り立ってもよい。縁部33aが、D1方向に対して傾斜する部分、及び／又は曲がっている部分を有している場合においては、例えば、縁部33aにおいて反射する弾性波を散乱させることが容易化される。

[0084] 平面透視において、空洞33のD1方向の両側の縁部33bは、例えば、D1方向に直交する直線状に延びている。ただし、縁部33aは、D1方向に直交する方向に対して傾斜していてもよいし、曲線状に曲がっていてもよいし、角部を成すように曲がっていてもよいし、蛇行するように延びていてもよい。

[0085] （空洞の縁部及び電極指の拡幅部）

上記のように、本実施形態では、空洞33のバスバー17側の縁部33aは、IDT電極11の配置領域内に位置している。また、IDT電極11の複数の電極指19は、拡幅部19bを有している。両者を組み合わせること

によって、横モードのスプリアスを低減し、素子1の特性を向上させることができる。具体的には、以下のとおりである。

[0086] 図4A及び図4Bは、比較例及び実施例に係る共振子の特性を示す図である。これらの図において、横軸は周波数を示している。縦軸はインピーダンスの位相を示している。これらの図は、シミュレーション計算によって得られている。

[0087] 共振子7は、インピーダンスの絶対値が極小値となる共振周波数と、インピーダンスの絶対値が極大値となる反共振周波数とを有している。一般に、共振周波数と反共振周波数との間の範囲においては、インピーダンスの位相が 90° に近いほど共振子7の特性がよいとされる。また、上記の範囲の外側においては、インピーダンスの位相が -90° に近いほど共振子7の特性がよいとされる。図4A及び図4Bでは、横軸の範囲は、概ね、共振周波数と反共振周波数との間の範囲に対応している。

[0088] 図4Aにおいては、第1比較例C1及び第2比較例C2の特性が示されている。第1比較例C1及び第2比較例C2では、実施形態とは異なり、電極指19が拡幅部19bを有していない。また、第1比較例C1では、実施形態とは異なり、空洞33の縁部33aがIDT電極11の外側に位置している。第2比較例C2では、実施形態と同様に、空洞33の縁部33aがIDT電極11に重なっている。上記以外の条件は、2つの比較例同士で同一である。

[0089] 第1比較例C1及び第2比較例C2のいずれにおいても、インピーダンスの位相が 90° となるべき周波数範囲内に、インピーダンスの位相が特異的に低下する周波数が存在している。すなわち、横モードのスプリアスが生じている。スプリアスの大きさ及び数は、第1比較例C1と第2比較例C2とで概ね同様である。このように、拡幅部19bを有していない電極指19が設けられている態様では、空洞33の縁部33aがIDT電極11に重なっているか否かは、横モードのスプリアスの低減に対して有意な差を生じていない。

[0090] 図4Bにおいては、第3比較例C3及び第1実施例E1の特性が示されている。第3比較例C3及び第1実施例E1では、実施形態と同様に、電極指19が拡幅部19bを有している。第3比較例C3では、実施形態とは異なり、空洞33の縁部33aがIDT電極11の外側に位置している。第1実施例E1では、実施形態と同様に、空洞33の縁部33aがIDT電極11に重なっている。上記以外の条件は、3つの比較例及び第1実施例E1の間で同じである。

[0091] 第3比較例C3では、第1比較例C1及び第2比較例C2に比較すると、スプリアスが低減されているものの、依然として、比較的大きいスプリアスが存在している。一方、第1実施例E1では、第3比較例C3に比較して、スプリアスの大きさが小さくされている。

[0092] 以上のとおり、空洞33のバスバー17側の縁部33aがIDT電極11の配置領域内に位置しているという事項と、IDT電極11の複数の電極指19が拡幅部19bを有しているという事項との組み合わせによって、初めてスプリアスの大きさが小さくされている。その理由は、必ずしも明らかではない。しかし、拡幅部19bは、電極指19のD2方向における単位長さ当たりの質量を増加させることによって、中央領域R4の外側の領域における音速を低下させる。また、空洞33の縁部33a付近において、支持体29は、圧電層31内の音速を低下させる。従って、両者が重畳されることによって、中央領域R4と、その外側の領域との境界条件が際立ち、横モードのスプリアスが低減されたことが理由として挙げられる。この理由からすれば、拡幅部19bのD2方向の長さ、及び支持体29のIDT電極11への侵入量dは、僅かであっても構わない。横モードのスプリアスが多少なりとも低減されることに変わりはないからである。

[0093] 横モードのスプリアスの低減の観点からは、空洞33の縁部33aは、中央領域R4のバスバー17側の縁部よりも中央領域R4の内側に位置してよい。ただし、この場合、中央領域R4の面積が減じられる。その結果、インピーダンスの位相が全体的に低下する。従って、縁部33aの中央領域R4

側の限界位置は、中央領域 R 4 の縁部とされてよい。

[0094] 上述した比較例及び実施例に共通の条件を以下に示す。

圧電層 3 1 :

材料 : L N

カット角 : 105° 回転 Y カット X 伝搬

厚さ : $0.44 \mu\text{m}$

空洞層 3 7 :

材料 : S i

I D T 電極 1 1 :

材料 : A l

厚さ : $0.11 \mu\text{m}$

ピッチ p : $1.0 \mu\text{m}$

バスバー 1 7 の幅 : $1.5 \mu\text{m}$

交差領域 R 6 の幅 : $40 p$

外側領域 R 5 の幅 : $4.32 \mu\text{m}$

ダミー領域 R 1 の幅 : $4 \mu\text{m}$

ギャップ領域 R 2 の幅 : $0.32 \mu\text{m}$

なお、空洞層 3 7 の厚さは、比較的厚く設定された。すなわち、支持基板 3 5 の材料は、弾性波の境界条件に影響を及ぼさないものと仮定した。

[0095] 第 2 比較例 C 2、第 3 比較例 C 3 及び第 1 実施例 E 1 における電極指 1 9 の条件は以下のとおりである。

主部 1 9 a の D u t y : 0.50

拡幅部 1 9 b の D u t y : 0.60

端部領域 R 3 の幅 : $1.68 \mu\text{m}$

なお、第 1 比較例 C 1 における電極指 1 9 は、その全体の D u t y が上記の主部 1 9 a の D u t y となっている。

[0096] 図 4 A 及び図 4 B に係るシミュレーション計算、及び後述する種々のシミュレーション計算において、共振子 7 の構成は、特に断りがない限り、図 1

、図2及び図3A（又は図3B）に例示した構成である。例えば、種々の領域（R1～R6）及び空洞33は、弾性波の伝搬方向（D1方向）に平行な長辺を有する矩形状である。拡幅部19bは、電極指19の根本側に設けられており、バスバー17から中央領域R4のバスバー17側の縁部までの範囲（R1+R2+R3）に亘っている。

[0097]（空洞の縁部の具体的な位置）

空洞33のバスバー17側の縁部33aは、中央領域R4のバスバー17側の縁部からバスバー17の外側（中央領域R4とは反対側）の縁部までの範囲内の適宜な位置に設定されてよい。この範囲内であれば、例えば、横モードのスプリアスが低減される効果が期待される。以下では、縁部33aの位置（別の観点では侵入量d）を互いに異ならせた複数のケースについて、共振子7の特性の例を示す。

[0098] 図5A～図5C及び図6A～図6Cは、共振子7の特性についてシミュレーション計算を行った結果を示す図である。これらの図において、上段は、図4A及び図4Bと同様の図である。下段は、空洞33の縁部33aと、IDT電極11との位置関係を模式的に示している。

[0099] 図5Aは、空洞33の縁部33aがIDT電極11の外側に位置している比較例（既述の第3比較例C3）に対応している。図5Bは、縁部33aがバスバー17の外側の縁部に位置している実施例（既述の第1実施例E1）に対応している。図5Cは、縁部33aがバスバー17の中途に位置している第2実施例E2に対応している。図6Aは、縁部33aがダミー領域R1に位置している第3実施例E3に対応している。図6Bは、縁部33aが交差領域R6の縁部に位置している第4実施例E4に対応している。図6Cは、縁部33aが中央領域R4の縁部に位置している第5実施例E5に対応している。

[0100] 空洞33の縁部33aの位置以外の条件は、上記の1つの比較例及び5つの実施例の間で同じであり、また、図4Bを参照して説明した第1実施例E1の条件と同様である。第3比較例C3において、縁部33aとバスバー1

7との距離は $1\ \mu\text{m}$ である。第1実施例E1において、空洞層37（縁部33a）がバスバー17の外側の縁部から中央領域R4側へ侵入する量（図3Aの侵入量d）は $0\ \mu\text{m}$ である。第2実施例E2において侵入量dは $1\ \mu\text{m}$ である。第3実施例E3において侵入量dは $3\ \mu\text{m}$ である。第4実施例E4において侵入量dは $5.82\ \mu\text{m}$ である。第5実施例E5において侵入量dは $7.5\ \mu\text{m}$ である。

[0101] 図5A～図5C及び図6A～図6Cに示した例では、空洞33の縁部33aがバスバー17の外側の縁部から交差領域R6の縁部までの範囲に位置している場合（図5B～図6B）、第3比較例に比較して、横モードのスプリアスが低減されている。一方、縁部33aが中央領域R4の縁部に位置する場合（図6C）、必ずしもスプリアスが低減されているとは言えず、また、インピーダンスの位相が全体的に低下している。従って、この例では、端部領域R3内のいずれかの位置に、スプリアスを低減することができる縁部33aの位置の範囲の中央領域R4側の境界が存在している。

[0102] （評価指標）

共振子7の特性を評価する評価指標について定義する。その後、この評価指標に基づいて、空洞33のバスバー17側の縁部33aの位置が共振子7の特性に及ぼす影響の詳細な検討を行う。

[0103] インピーダンスの位相を共振周波数から反共振周波数までの周波数範囲について平均した値を位相平均値 P_m とする。インピーダンスの位相の全体的な大きさは、この位相平均値 P_m によって評価するものとする。これまでの説明から明らかなように、位相平均値 P_m が大きいほど（ 90° に近いほど）、特性がよい。

[0104] 周波数の変化に対するインピーダンスの位相の変化における変化率の絶対値を、共振周波数から反共振周波数までの周波数範囲について平均した値を横モードの指標Tとする。横モードのスプリアスは、この指標Tによって評価するものとする。インピーダンスの位相の変動が大きいほど指標Tは大きくなる。従って、指標Tが小さいほど、スプリアスが小さく、及び／又はス

プリアスの数が少なく、特性がよい。理想的には、指標 T は 0 である。

[0105] (材料別の空洞の縁部の位置)

空洞層 3 7 の材料別に、侵入量 d の変化に対する位相平均値 P m 及び指標 T の変化をシミュレーション計算によって求めた。シミュレーションの条件は、空洞層 3 7 の材料及び侵入量 d を除いて、複数のシミュレーションケースの間で同じであり、また、図 4 A ~ 図 6 C を参照して説明したシミュレーションケースと同じである。

[0106] (S i)

図 7 A 及び図 7 B は、空洞層 3 7 の材料が S i である共振子 7 の特性を示す図である。

[0107] これらの図の上段において、横軸は、侵入量 d を示している。図 7 A の上段において、縦軸は、指標 T を示している。図 7 B の上段において、縦軸は、位相平均値 P m を示している。図 7 A 及び図 7 B の下段は、I D T 電極 1 1 の形状を模式的に示している。各図において、上段の横軸の位置と、下段の I D T 電極 1 1 内における横方向の位置とは互に対応している。例えば、上段の $0 \mu\text{m}$ と、下段のバスバー 1 7 の外側の縁部とは対応している。上段の $1.5 \mu\text{m}$ と、下段のバスバー 1 7 の内側の縁部とは対応している。

[0108] 図 7 A 及び図 7 B において、線 L E は、実施例の特性を示している。線 L C は、比較例の特性を示している。すなわち、線 L C は、侵入量 d が - の値 (より詳細には $-1 \mu\text{m}$) のときの指標 T 又は位相平均値 P m の値を横軸の位置に関わらずに示している。

[0109] 図 7 A において、侵入量 d の変化に対する指標 T の変化は、以下のようになっている。侵入量 d が 0 のとき、指標 T は、比較例の指標 T に比較して小さい。侵入量 d が $0 \mu\text{m}$ から大きくなっていくと、概略、指標 T は小さくなっていく。空洞 3 3 の縁部 3 3 a がギャップ領域 R 2 に近接すると、指標 T は下げ止まる。その後、縁部 3 3 a が中央領域 R 4 に到達する若干手前から、指標 T は上昇していく。縁部 3 3 a が中央領域 R 4 内に位置し、さらに侵入量 d が大きくなると、指標 T は、比較例の指標 T よりも大きくなる。

[0110] 空洞33の縁部33aが位置する範囲と、指標Tの大きさとの関係は、以下のようにになっている。縁部33aがバスバー17の外側の縁部から中央領域R4の縁部までの範囲($R1 + R2 + R3$)に位置している場合においては、比較例に比較して、指標Tが低減されている。また、縁部33aが上記範囲に位置している場合においては、指標Tは、概略、侵入量dが $0\mu\text{m}$ のときの大きさ以下である。より厳密には、縁部33aが $R1 + R2$ の範囲に位置している場合において、指標Tは、侵入量dが $0\mu\text{m}$ のときの大きさ以下となっている。また、縁部33aが、ギャップ領域R2及び/又はその周囲の範囲に収まっている場合においては、指標Tは最も小さくなる。そのような範囲としては、例えば、ギャップ領域R2を中心とするギャップ領域R2の幅の10倍程度の幅を有する範囲を挙げることができる。また、例えば、ダミー領域R1のうちの、ギャップ領域R2に隣接し、ギャップ領域R2の5倍程度の幅を有している範囲を挙げることができる。

[0111] 図7Bにおいて、侵入量dの変化に対する位相平均値 P_m の変化は、以下のようにになっている。侵入量dが0のとき、位相平均値 P_m は、比較例の位相平均値 P_m に対して概ね同等である(若干大きい)。侵入量dが $0\mu\text{m}$ から大きくなっていても、位相平均値 P_m は大きくは変化せず、比較例の位相平均値 P_m と概ね同等の状態が維持される。その後、空洞33の縁部33aが中央領域R4に到達する若干手前で、位相平均値 P_m は低下していく。そして、位相平均値 P_m は、比較例の位相平均値 P_m よりも小さくなる。

[0112] 空洞33の縁部33aが位置する範囲と、位相平均値 P_m の大きさとの関係は、以下のようにになっている。縁部33aがバスバー17の外側の縁部から中央領域R4の縁部までの範囲($R1 + R2 + R3$)に位置している場合においては、位相平均値 P_m は、比較例の位相平均値 P_m に対して、概ね、同等以上である。また、縁部33aが $R1 + R2$ の範囲に位置している場合においては、位相平均値 P_m は、比較例の位相平均値 P_m よりも大きい。

[0113] (SiO_2)

図8A及び図8Bは、空洞層37が、Siからなる第1層37aと、Si

O_2 からなる第2層37bとを有する共振子7の特性を示す図であり、図7A及び図7Bと同様の図である。第2層37bの厚さは、 $0.1\mu\text{m}$ である。

[0114] 図8Aにおいて、侵入量dの変化に対する指標Tの変化は、概略、図7Aと同様である。ただし、図7Aに比較すると、空洞33の縁部33aがギャップ領域R2に近接して指標Tが下げ止まった後において、指標Tの上昇は早期に開始される。

[0115] 空洞33の縁部33aが位置する範囲と、指標Tの大きさとの関係は、以下のようにになっている。縁部33aがバスバー17の外側の縁部から中央領域R4の縁部までの範囲($R1+R2+R3$)に位置している場合においては、図7Aと同様に、比較例に比較して、指標Tが低減されている。ただし、図7Aとは異なり、縁部33aが上記範囲に位置している場合において、指標Tは、侵入量dが $0\mu\text{m}$ のときの大きさ以下とはなっていない。縁部33aが $R1+R2$ の範囲に位置している場合においては、図7Aと同様に、指標Tは、侵入量dが $0\mu\text{m}$ のときの大きさ以下となっている。また、図7Aと同様に、縁部33aが、ギャップ領域R2及び/又はその周囲の範囲に収まっている場合においては、指標Tは最も小さくなる。そのような範囲としては、例えば、ダミー領域R1のうちの、ギャップ領域R2に隣接し、ギャップ領域R2の5倍程度の幅を有している範囲を挙げることができる。

[0116] 図8Bにおいて、侵入量dの変化に対する位相平均値 P_m の変化は、概略、図7Bと同様である。ただし、図7Aに比較すると、位相平均値 P_m の低下は早期に開始される。

[0117] 空洞33の縁部33aが位置する範囲と、位相平均値 P_m の大きさとの関係は、以下のようにになっている。縁部33aがバスバー17の外側の縁部から交差領域R6の縁部までの範囲($R1+R2$)に位置している場合においては、位相平均値 P_m は、比較例の位相平均値 P_m に対して、概ね、同等である。

[0118] (低抵抗層)

図9A及び図9Bは、空洞層37が、 Si からなる第1層37aと、低抵

抗層からなる第2層37bとを有する共振子7の特性を示す図であり、図7A及び図7Bと同様の図である。第2層37bの厚さは、2nmである。第2層37bの抵抗率は、5500MHzにおいて $2.5\Omega\cdot\text{cm}$ である。すなわち、第2層37bのシート抵抗は、 $1.25\times 10^7\Omega$ である。第2層37bは、第1層37aの上面に対して所定の処理を施すことによってシート抵抗が調整されており、その密度及び弾性率は、Siと概略同等である。

[0119] 図9Aにおいて、侵入量dの変化に対する指標Tの変化、並びに、空洞33の縁部33aが位置する範囲と指標Tの大きさとの関係は、概略、図7Aにおけるものと同様である。図9Bにおいて、侵入量dの変化に対する位相平均値Pmの変化、並びに、空洞33の縁部33aが位置する範囲と位相平均値Pmの大きさとの関係は、概略、図7Bと同様である。

[0120] (AIN)

図10A及び図10Bは、空洞層37が、Siからなる第1層37aと、AINからなる第2層37bとを有する共振子7の特性を示す図であり、図7A及び図7Bと同様の図である。第2層37bの厚さは、 $0.1\mu\text{m}$ である。

[0121] 図10Aにおいて、侵入量dの変化に対する指標Tの変化、並びに、空洞33の縁部33aが位置する範囲と指標Tの大きさとの関係は、概略、図8Aにおけるものと同様である。ただし、指標Tは最も小さくなる範囲として、例えば、図8Aで述べた範囲（ダミー領域R1のうちの、ギャップ領域R2に隣接し、ギャップ領域R2の5倍程度の幅を有している範囲）の他、当該範囲にギャップ領域R2のダミー領域R1側の半分を加えた範囲を挙げることができる。図10Bにおいて、侵入量dの変化に対する位相平均値Pmの変化、並びに、空洞33の縁部33aが位置する範囲と位相平均値Pmの大きさとの関係は、概略、図8Bと同様である。

[0122] (HfO₂)

図11A及び図11Bは、空洞層37が、Siからなる第1層37aと、HfO₂からなる第2層37bとを有する共振子7の特性を示す図であり、図

7 A及び図7 Bと同様の図である。第2層3 7 bの厚さは、 $0.1 \mu\text{m}$ である。

[0123] 図1 1 Aにおいて、侵入量 d の変化に対する指標 T の変化は、概略、図8 Aと同様である。ただし、侵入量 d が0のときの指標 T は、これまでの実施例とは異なり、比較例の指標 T と概ね同等である。また、指標 T の低下が下げ止まってから上昇するとき、これまでの実施例よりも早期に比較例の指標 T の値と同等となる。

[0124] 空洞3 3の縁部3 3 aが位置する範囲と、指標 T の大きさとの関係は、以下のようにになっている。縁部3 3 aがバスバー1 7の外側の縁部から交差領域 $R 6$ の縁部までの範囲($R 1 + R 2$)に位置している場合においては、指標 T は、概略、比較例の指標 T に対して同等以下である。また、縁部3 3 aが上記範囲に位置している場合において、指標 T は、概略、侵入量 d が $0 \mu\text{m}$ のときの大きさ以下である。図7 Aと同様に、縁部3 3 aが、ギャップ領域 $R 2$ 及び／又はその周囲の範囲に収まっている場合においては、指標 T は最も小さくなる。そのような範囲としては、例えば、図8 Aと同様の範囲(ダミー領域 $R 1$ のうちの、ギャップ領域 $R 2$ に隣接し、ギャップ領域 $R 2$ の5倍程度の幅を有している範囲)を挙げることができる。

[0125] 図1 1 Bにおいて、侵入量 d の変化に対する位相平均値 $P m$ の変化、並びに、空洞3 3の縁部3 3 aが位置する範囲と位相平均値 $P m$ の大きさとの関係は、概略、図8 Bと同様である。

[0126] (空洞層の材料同士の比較)

図7 A～図1 1 Bに示した空洞層3 7の材料別の特性を材料同士で比較する。このとき、 HfO_2 からなる第2層3 7 b(図1 1 A)の指標 T は、他の実施例に比較すると、比較例の指標 T に対する低下量が小さい。すなわち、 HfO_2 の場合は、スプリアスの低減の効果が相対的に小さい。 HfO_2 は、相対的に高密度の材料である。例えば、 LN 及び LT の密度は、 $4 \text{g}/\text{cm}^3$ 以上 $8 \text{g}/\text{cm}^3$ 以下である。 HfO_2 の密度は $9 \text{g}/\text{cm}^3$ 以上 $11 \text{g}/\text{cm}^3$ 以下である。 Si 、 SiO_2 及び AlN の密度は、 $2 \text{g}/\text{cm}^3$ 以上 $4 \text{g}/\text{cm}^3$ 以下である。

m^3 以下である。従って、支持体29の上面を構成する材料（例えば空洞層37全体又は第2層37b）は、例えば、圧電層31の材料の密度よりも小さい密度を有する材料とされてよい。

[0127] Si（図7A）と SiO_2 （図8A）とは、密度が比較的近い（ $2\text{g}/\text{cm}^3$ 以上 $3\text{g}/\text{cm}^3$ 以下）。しかし、空洞層37の材料がSiである場合の方が、指標T自体の値が小さく、指標Tの比較例の指標Tに対する低減量が大きく、また、指標Tを低減できる侵入量dの値の範囲が広い。その理由としては、 SiO_2 内の音速が相対的に低く、中央領域R4から漏れた弾性波が空洞層37の縁部33a付近の部分に集中しやすいことが挙げられる。 SiO_2 の音速（弾性率を密度で割った値の平方根）は、 $5000\text{m}/\text{s}$ 以上 $6000\text{m}/\text{s}$ 以下であり、Siの音速は、 $7000\text{m}/\text{s}$ 以上 $9000\text{m}/\text{s}$ 以下である。従って、支持体29の上面を構成する材料（例えば空洞層37全体又は第2層37b）は、例えば、その音速が $7000\text{m}/\text{s}$ 以上である材料とされてよい。

[0128]（拡幅部の幅）

図7A～図11Bに示した実施例では、拡幅部19bのDutyを0.60とした。拡幅部19bのDutyを0.60に対して異ならせたケースについて、シミュレーション計算によって得られた特性を示す。なお、拡幅部19bのDuty以外の条件は、図7Aにおけるものと同様である。例えば、空洞層37は、その全体がSiによって構成されている。

[0129] 図12A及び図12Bは、拡幅部19bのDutyが0.70である共振子7の特性を示す図であり、図7A及び図7Bと同様の図である。図13A及び図13Bは、拡幅部19bのDutyが0.80である共振子7の特性を示す図であり、図7A及び図7Bと同様の図である。

[0130] これらの図においても、指標T及び位相平均値 P_m について、図7A及び図7Bと同様の傾向が伺える。ただし、図7Aにおいては、指標Tが最小となる空洞33の縁部33aの位置は、ダミー領域R1のうちのギャップ領域R2に隣接する位置であったのに対して、図12Aにおいては、指標Tが最

小となる縁部33aの位置は、端部領域R3内に位置している。図13Aにおいても、侵入量dが3 μ mの位置を特異点として見做すと、指標Tが最小となる縁部33aの位置は、拡幅部19b内に位置している。その理由としては、拡幅部19bのDutyが大きくなることによって、拡幅部19bが端部領域R3における音速に及ぼす影響が大きくなったことが挙げられる。また、指標Tの大きさを図7A、図12A及び図13Aで比較すると、図7Aが最も小さい。

[0131] (バスバーの幅)

バスバー17の幅を変化させて共振子7の特性をシミュレーション計算によって求めた。その結果、バスバー17の幅によらずに、横モードのスプリアスを低減する作用が得られることを確認した。具体的には、以下のとおりである。

[0132] 図14Bは、図4Aの第1比較例C1及び図6Bの第4実施例E4の特性を示す、図4Aと同様の図である。既述のように、第1比較例C1においては、電極指19は、拡幅部19bを有しておらず、また、空洞33の縁部33aは、IDT電極11の配置領域の外側に位置している。第1比較例C1及び第4実施例E4において、バスバー17の幅は、1.5 μ mである。

[0133] 図14Aは、第4比較例C4及び第6実施例E6の特性を示す、図4Aと同様の図である。第4比較例C4及び第6実施例E6においては、バスバー17の幅は、0.3 μ mとされている。第4比較例C4における他の条件は、第1比較例C1と同様である。第6実施例E6における他の条件は、第4実施例E4と同様である。

[0134] これらの図から理解されるように、空洞33の縁部33aをIDT電極11の配置領域に位置させ、電極指19に拡幅部19bを設けることによって、バスバー17の幅に依存せずに、横モードのスプリアスを低減する作用が得られる。

[0135] 図15A及び図15Bは、バスバー17の幅の変化に対する共振子7の特性の変化を示す図である。

[0136] これらの図において、横軸BWは、バスバー17の幅を示している。図15Aの縦軸は、指標Tを示している。図15Bの縦軸は、位相平均値P_mを示している。図中の折れ線は、実施例における特性を示している。また、図中では、図14A及び図14Bに示した第1比較例C1、第4実施例E4、第4比較例C4及び第6実施例E6の特性を示す点が示されている。これらの図からも、これまでに説明した作用は、バスバー17の幅に依存していないことが分かる。

[0137] 以上のとおり、弾性波素子1は、支持体29と、支持体29上の圧電層31と、圧電層31上のIDT電極11と、を有している。圧電層31と支持体29との間に、平面透視においてIDT電極11と重なる空洞33が構成されている。IDT電極11は、第1バスバー及び第2バスバー（バスバー17A及び17B）と、複数の第1電極指及び複数の第2電極指（電極指19A及び19B）と、を有している。バスバー17A及び17Bは、第1方向（D1方向）に交差する方向（D2方向）において互いに対向している。複数の電極指19Aは、バスバー17Aからバスバー17Bに向かって互いに並列に延びている。複数の電極指19Bは、バスバー17Bからバスバー17Aに向かって互いに並列に延びている。複数の電極指19Aと複数の電極指19Bとは、D1方向に交互に配列されている。互いに隣り合っている電極指19Aと電極指19BとをD1方向に見たときに両者が互いに重複する交差幅で、複数の電極指19A及び複数の電極指19Bの配列に沿って延びている領域を交差領域R6と呼称する。交差領域R6は、中央領域R4と、第1端部領域及び第2端部領域（2つの端部領域R3）とを有している。中央領域R4は、2つのバスバー17の間の中央位置を含む。各端部領域R3は、中央領域R4のバスバー17側の縁部から交差領域R6のバスバー17側の縁部までの領域である。空洞33は、中央領域R4に重なっている。空洞33のバスバー17A側の縁部は、中央領域R4のバスバー17A側の縁部からバスバー17Aの中央領域R4とは反対側（外側）の縁部までの範囲内に位置している。複数の電極指19Aのそれぞれは、第1部位（主部1

9 a) と、第2部位（拡幅部19 b）とを有している。主部19 aは、中央領域R 4に位置している。電極指19 Aの拡幅部19 bは、中央領域R 4に対してバスバー17 A側又はバスバー17 B側（本実施形態ではバスバー17 A側）に位置している。D 1方向に直交する第2方向（D 2方向）における単位長さ当たりの、複数の電極指19 Aの下面上の質量は、主部19 aにおける値よりも拡幅部19 bにおける値が大きい。

[0138] 従って、既述のように、拡幅部19 bによって、IDT電極11の配置領域内、かつ中央領域R 4の外側の領域の音速を低下させることができる。また、支持体29によってIDT電極11の配置領域内、かつ中央領域R 4の外側の領域における音速を低下させることができる。そして、この組み合わせによって、横モードのスプリアスを低減することができる。

[0139] 第2部位（拡幅部19 b）の幅は、第1部位（主部19 a）の幅よりも広くされてよい。

[0140] この場合、導体層5のパターニングによって第2部位の単位長さ当たりの質量を大きくすることができる。その結果、他の方法によって、D 2方向における単位長さ当たりの、第2部位の下面上の質量を大きくする態様（当該態様も本開示に係る技術に含まれてよい。）に比較して、簡便に単位長さ当たりの質量を大きくすることができる。ひいては、コストの観点において有利である。

[0141] 電極指19 Aの拡幅部19 bは、中央領域R 4に対してバスバー17 A側に位置してよい。すなわち、拡幅部19 bは、電極指19の根本側に位置してよい。

[0142] この場合、例えば、電極指19の根本側に加えて、又は代えて、電極指19の先端側に第2部位（拡幅部19 b）を設ける態様（当該態様も本開示に係る技術に含まれてよい。）に比較して、横モードのスプリアスを低減することが容易である。なお、電極指19の根本側に加えて先端側に第2部位を設けた態様においては、例えば、反共振周波数よりも高周波数側における特性が向上する。

- [0143] 電極指19Aの拡幅部19bは、バスバー17Aから中央領域R4のバスバー17A側の縁部までの範囲($R1 + R2 + R3$)に亘ってよい。
- [0144] この場合、例えば、拡幅部19bが $R1 + R2 + R3$ の範囲の一部のみに位置している態様(当該態様も本開示に係る技術に含まれてよい。)に比較して、横モードのスプリアスを低減する効果が向上する。
- [0145] 空洞33のバスバー17A側の縁部33aは、交差領域R6のバスバー17A側の縁部からバスバー17Aの中央領域R4とは反対側(外側)の縁部までの範囲のいずれかの位置に位置してよい。
- [0146] 図7A~図11Bに示したように、縁部33aが端部領域R3に位置する態様に比較して、横モードのスプリアスを低減する効果が奏される蓋然性が高くなる。また、位相平均値 P_m が小さくなる蓋然性が低減される。さらに、図7A、図7B及び図12A~図13Bの比較から理解されるように、横モードのスプリアスを低減する効果が相対的に大きくなるように拡幅部19bのDutyが設定されたときは(図7A及び図7B)、縁部33aが交差領域R6の外側に位置するときに、横モードのスプリアスが最小になりやすい。
- [0147] IDT電極11は、第1ダミー電極及び第2ダミー電極(ダミー電極21A及び21B)を有してよい。ダミー電極21Aは、複数の電極指19Aの間にてバスバー17Aからバスバー17Bに向かって突出し、複数の電極指19Bと先端同士を対向させる。ダミー電極21Bも同様である。空洞33のバスバー17A側の縁部33aは、複数のダミー電極21Aの先端からバスバー17Aの中央領域R4とは反対側(外側)の縁部までの範囲($R1 + R2$)のいずれかの位置に位置してよい。
- [0148] この場合、例えば、上述した効果がさらに向上する。すなわち、横モードのスプリアスを低減する効果が奏される蓋然性が高くなる。位相平均値 P_m が小さくなる蓋然性が低減される。横モードのスプリアスを低減する効果が相対的に大きくなるように拡幅部19bのDutyが設定されたときに、横モードのスプリアスを最小にすることが容易化される。

- [0149] 空洞33のバスバー17A側の縁部33aは、中央領域R4のバスバー17A側の縁部からバスバー17Aの中央領域R4側（内側）の縁部までの範囲（ $R1 + R2 + R3$ ）のいずれかの位置に位置してよい。
- [0150] この場合、例えば、既述のように、侵入量 d が $0\mu\text{m}$ から大きくなるほど指標 T が小さくなる傾向があるから、横モードのスプリアスを最小にすることが容易化される。
- [0151] 圧電層31の材料、カット角及び厚さは、IDT電極11によって励振される弾性波の中でA1モードのラム波の振幅が最も大きくなる関係を有してよい。すなわち、素子1は、A1モードのラム波を利用するものとされてよい。
- [0152] この場合、例えば、既述のように、ピッチ p の大きさに対して周波数を高くすることが容易化される。また、支持体29の上面が弾性波の境界条件に及ぼす影響が大きくなるから、上述した種々の効果が奏されやすい。
- [0153] 支持体29は、当該支持体29の上面を構成しており、その密度が圧電層31の密度よりも小さい層（例えば、支持体29の全部、空洞層37又は第2層37b）を有してよい。及び／又は支持体29は、当該支持体29の上面を構成しており、その音速が 7000m/s 以上である層（例えば、支持体29の全部、空洞層37又は第2層37b）を有してよい。
- [0154] この場合、例えば、既述のように、横モードのスプリアスを低減する効果を向上させることができる。また、横モードのスプリアスを低減する効果が得られる侵入量 d の範囲を広くすることができる。
- [0155] <第2実施形態>
- 弾性波素子は、いわゆるピストンモードを利用するものであってもよい。この場合であっても、第1実施形態と同様の効果が奏される。具体的には、以下のとおりである。
- [0156] なお、以下の説明では、基本的に、第1実施形態との相違点についてのみ述べる。特に言及が無い事項については、第1実施形態と同様とされたり、第1実施形態から類推されたりしてよい。また、第1実施形態の構成と対応

する構成については、第1実施形態の構成との相違点が存在しても、説明の便宜上、第1実施形態と同一の符号を用いることがある。

[0157] 図16A及び図16Bは、第2実施形態に係る共振子の特性を示す図であり、図7A及び図7Bと同様の図である。

[0158] 図16A及び図16Bの下段に示すように、図示の例では、バスバー217は、弾性波の伝搬方向（紙面上下方向）に配列されている複数（1つのみ図示する）の開口217hを有している。また、ダミー電極21（換言すればダミー領域R1）は設けられていない。電極指19は、根本側だけでなく、先端側にも拡幅部19cを有している。図16A及び図16Bの上段に示すように、上記のような構成であっても、指標T及び位相平均値Pmに関して、概略、第1実施形態と同様の傾向が確認された。

[0159] （分波器）

図17は、素子1の利用例としての分波器101（例えばデュプレクサ）の構成を模式的に示す回路図である。この図の紙面左上に示された符号から理解されるように、この図では、楕歯電極15が二叉のフォーク形状によって模式的に示され、反射器13は両端が屈曲した1本の線で表わされている。

[0160] 分波器101は、例えば、送信端子105からの送信信号をフィルタリングしてアンテナ端子103へ出力する送信フィルタ109と、アンテナ端子103からの受信信号をフィルタリングして1対の受信端子107に出力する受信フィルタ111とを有している。

[0161] 送信フィルタ109は、例えば、複数の共振子7（7S及び7P）がラダー型に接続されて構成された、ラダー型フィルタによって構成されている。すなわち、送信フィルタ109は、送信端子105とアンテナ端子103との間で直列に接続された複数（1つでも可）の直列共振子7Sと、その直列のライン（直列腕）と基準電位部（符号省略）とを接続する複数（1つでも可）の並列共振子7P（並列腕）とを有している。

[0162] 受信フィルタ111は、例えば、共振子7と、多重モード型フィルタ（ダ

ブルモード型フィルタを含むものとする。) 113とを含んで構成されている。多重モード型フィルタ113は、弾性波の伝搬方向に配列された複数(図示の例では3つ)のIDT電極11と、その両側に配置された1対の反射器13とを有している。

[0163] 分波器101の複数のIDT電極11(及び反射器13)は、1つの複合基板3に設けられてもよいし、2以上の複合基板3に分散して設けられてもよい。例えば、送信フィルタ109を構成する複数の共振子7は、同一の複合基板3に設けられてよい。同様に、受信フィルタ111を構成する共振子7及び多重モード型フィルタ113は、例えば、同一の複合基板3に設けられてよい。送信フィルタ109及び受信フィルタ111は、例えば、同一の複合基板3に設けられてもよいし、互いに異なる複合基板3に設けられてもよい。上記の他、例えば、複数の直列共振子7Sを同一の複合基板3に設けるとともに、複数の並列共振子7Pを他の同一の複合基板3に設けてもよい。

[0164] 図17は、あくまで分波器101の構成の一例である。従って、例えば、受信フィルタ111が送信フィルタ109と同様にラダー型フィルタによって構成されてもよい。また、送信フィルタ109が多重モード型フィルタ113を有していてもよい。分波器101は、デュプレクサに限定されず、例えば、ダイプレクサであってもよいし、3以上のフィルタを含んだマルチプレクサであってもよい。

[0165] 分波器101において、共振子7及び多重モード型フィルタ113は、それぞれ素子1として捉えられてよい。また、送信フィルタ109及び受信フィルタ111のそれぞれが素子1と捉えられてもよい。さらに、分波器101が素子1と捉えられてもよい。

[0166] (通信装置)

図18は、素子1(別の観点では分波器101)の利用例としての通信装置151の要部を示すブロック図である。通信装置151は、電波を利用した無線通信を行うものであり、分波器101を含んでいる。

- [0167] 通信装置151において、送信すべき情報を含む送信情報信号TISは、RF-IC (Radio Frequency Integrated Circuit) 153によって変調および周波数の引き上げ（搬送波周波数を有する高周波信号への変換）がなされて送信信号TSとされる。送信信号TSは、バンドパスフィルタ155によって送信用の通過帯以外の不要成分が除去され、増幅器157によって増幅されて分波器101（送信端子105）に入力される。そして、分波器101（送信フィルタ109）は、入力された送信信号TSから送信用の通過帯以外の不要成分を除去し、その除去後の送信信号TSをアンテナ端子103からアンテナ159に出力する。アンテナ159は、入力された電気信号（送信信号TS）を無線信号（電波）に変換して送信する。
- [0168] また、通信装置151において、アンテナ159によって受信された無線信号（電波）は、アンテナ159によって電気信号（受信信号RS）に変換されて分波器101（アンテナ端子103）に入力される。分波器101（受信フィルタ111）は、入力された受信信号RSから受信用の通過帯以外の不要成分を除去して受信端子107から増幅器161へ出力する。出力された受信信号RSは、増幅器161によって増幅され、バンドパスフィルタ163によって受信用の通過帯以外の不要成分が除去される。そして、受信信号RSは、RF-IC 153によって周波数の引き下げおよび復調がなされて受信情報信号RISとされる。
- [0169] なお、送信情報信号TISおよび受信情報信号RISは、適宜な情報を含む低周波信号（ベースバンド信号）でよく、例えば、アナログの音声信号もしくはデジタル化された音声信号である。無線信号の通過帯は、適宜に設定されてよく、公知の各種の規格に従ってよい。変調方式は、位相変調、振幅変調、周波数変調もしくはこれらのいずれか2つ以上の組み合わせのいずれであってもよい。回路方式は、ダイレクトコンバージョン方式を例示したが、それ以外の適宜なものとしてよく、例えば、ダブルスーパーヘテロダイン方式であってもよい。また、図18は、要部のみを模式的に示すものであり、適宜な位置にローパスフィルタやアイソレータ等が追加されてもよいし

、また、増幅器等の位置が変更されてもよい。

[0170] なお、以上の実施形態において、バスバー17A及びバスバー217はそれぞれ第1バスバーの一例である。バスバー17B及びバスバー217はそれぞれ第2バスバーの一例である。電極指19Aは第1電極指の一例である。電極指19Bは第2電極指の一例である。バスバー17A側の端部領域R3は第1端部領域の一例である。バスバー17B側の端部領域R3は第2端部領域の一例である。主部19aは第1部位の一例である。拡幅部19b及び拡幅部19cはそれぞれ第2部位の一例である。ダミー電極21Aは第1ダミー電極の一例である。ダミー電極21Bは第2ダミー電極の一例である。RF-IC153は集積回路素子の一例である。

[0171] 本開示に係る技術は、上記の実施形態に限定されず、種々の態様で実施されてよい。

[0172] 例えば、第2方向（電極指の延びる方向）における単位長さ当たりの、電極指の下面上の質量を第2部位において大きくする方法は、第2部位を拡幅部とする方法に限定されない。例えば、第2部位の厚さが第1部位の厚さよりも厚くされたり、第1部位及び第2部位のうち第2部位の上のみ、絶縁性又は導電性の付加膜を設けられたりしてよい。また、導体層5の上から圧電層31を覆う保護膜において、第2部位上の部分が第1部位上の部分よりも厚くされてもよい。これまでに述べた方法のうち2以上が組み合わせられてもよい。上記の説明からも理解されるように、電極指の下面上の質量は、電極指自体の質量だけでなく、電極指に重なる部材の質量を含んでよい。

[0173] 実施形態では、拡幅部は、第1電極指及び第2電極指の双方に設けられた。また、空洞の第1バスバー側の縁部と空洞の第2バスバー側の縁部との双方がIDT電極に重なった。ただし、第1電極指及び第2電極指の一方のみに拡幅部が設けられたり、及び／又は第1バスバー側の縁部及び第2バスバー側の縁部の一方のみがIDT電極に重なったりしてもよい。図7A～図16Bを参照して検討した空洞の縁部の位置の範囲は、図示の例とは異なる電極形状と組み合わせられてもよい。

符号の説明

[0174] 1…弾性波素子、3…複合基板、5…導体層、11…IDT電極、17A…バスバー（第1バスバー）、17B…バスバー（第2バスバー）、19A…電極指（第1電極指）、19B…電極指（第2電極指）、19a…主部（第1部位）、19b…拡幅部（第2部位）、29…支持体、31…圧電層、33…空洞、33a…（空洞の）縁部、R4…中央領域、R5…端部領域（第1端部領域又は第2端部領域）、R6…交差領域。

請求の範囲

[請求項1]

支持体と、
前記支持体上の圧電層と、
前記圧電層上の I D T 電極と、
を有しており、
前記圧電層と前記支持体との間に、平面透視において前記 I D T 電極と重なる空洞が構成されており、
前記 I D T 電極は、
第 1 方向に交差する方向において互いに対向している第 1 バスバー及び第 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互いに並列に延びている複数の第 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互いに並列に延びている複数の第 2 電極指と、を有しており、
前記複数の第 1 電極指と複数の第 2 電極指とは、前記第 1 方向に交互に配列されており、
互いに隣り合っている第 1 電極指と第 2 電極指とを前記第 1 方向に見たときに両者が互いに重複する交差幅で、前記複数の第 1 電極指及び前記複数の第 2 電極指の配列に沿って延びている交差領域は、
前記第 1 バスバーと前記第 2 バスバーとの間の中央位置を含む中央領域と、
前記中央領域の前記第 1 バスバー側の縁部から前記交差領域の前記第 1 バスバー側の縁部までの第 1 端部領域と、
前記中央領域の前記第 2 バスバー側の縁部から前記交差領域の前記第 2 バスバー側の縁部までの第 2 端部領域と、を有しており、
前記空洞は、前記中央領域に重なっており、
前記空洞の前記第 1 バスバー側の縁部は、前記中央領域の前記第 1 バスバー側の縁部から前記第 1 バスバーの前記中央領域とは反対側の

縁部までの範囲内に位置しており、

前記複数の第1電極指のそれぞれは、

前記中央領域に位置している第1部位と、

前記中央領域に対して前記第1バスバー側又は前記第2バスバー側に位置する第2部位と、を有しており、

前記第1方向に直交する第2方向における単位長さ当たりの、前記複数の第1電極指の下面上の質量は、前記第1部位における値よりも前記第2部位における値が大きい

弾性波素子。

[請求項2] 前記第2部位の幅は、前記第1部位の幅よりも広い

請求項1に記載の弾性波素子。

[請求項3] 前記第2部位は、前記中央領域に対して前記第1バスバー側に位置している

請求項1又は2に記載の弾性波素子。

[請求項4] 前記第2部位は、前記第1バスバーから前記中央領域の前記第1バスバー側の縁部までの範囲に亘っている

請求項3に記載の弾性波素子。

[請求項5] 前記空洞の前記第1バスバー側の縁部は、前記交差領域の前記第1バスバー側の縁部から前記第1バスバーの前記中央領域とは反対側の縁部までの範囲内に位置している

請求項4に記載の弾性波素子。

[請求項6] 前記IDT電極は、

前記複数の第1電極指の間にて前記第1バスバーから前記第2バスバーに向かって突出し、前記複数の第2電極指と先端同士を対向させている複数の第1ダミー電極と、

前記複数の第2電極指の間にて前記第2バスバーから前記第1バスバーに向かって突出し、前記複数の第1電極指と先端同士を対向させている複数の第2ダミー電極と、を有しており、

前記空洞の前記第1バスバー側の縁部は、前記複数の第1ダミー電極の先端から前記第1バスバーの前記中央領域とは反対側の縁部までの範囲内に位置している

請求項5に記載の弾性波素子。

[請求項7]

前記空洞の前記第1バスバー側の縁部は、前記中央領域の前記第1バスバー側の縁部から前記第1バスバーの前記中央領域側の縁部までの範囲内に位置している

請求項4～6のいずれか1項に記載の弾性波素子。

[請求項8]

前記圧電層の材料、カット角及び厚さは、前記IDT電極によって励振される弾性波の中でA1モードのラム波の振幅が最も大きくなる関係を有している

請求項1～7のいずれか1項に記載の弾性波素子。

[請求項9]

前記支持体の材料は、シリコン、サファイア又は酸化アルミニウム質焼結体である

請求項1～8のいずれか1項に記載の弾性波素子。

[請求項10]

前記支持体は、当該支持体の上面を構成しており、その音速が7000m/s以上である層を有している

請求項1～9のいずれか1項に記載の弾性波素子。

[請求項11]

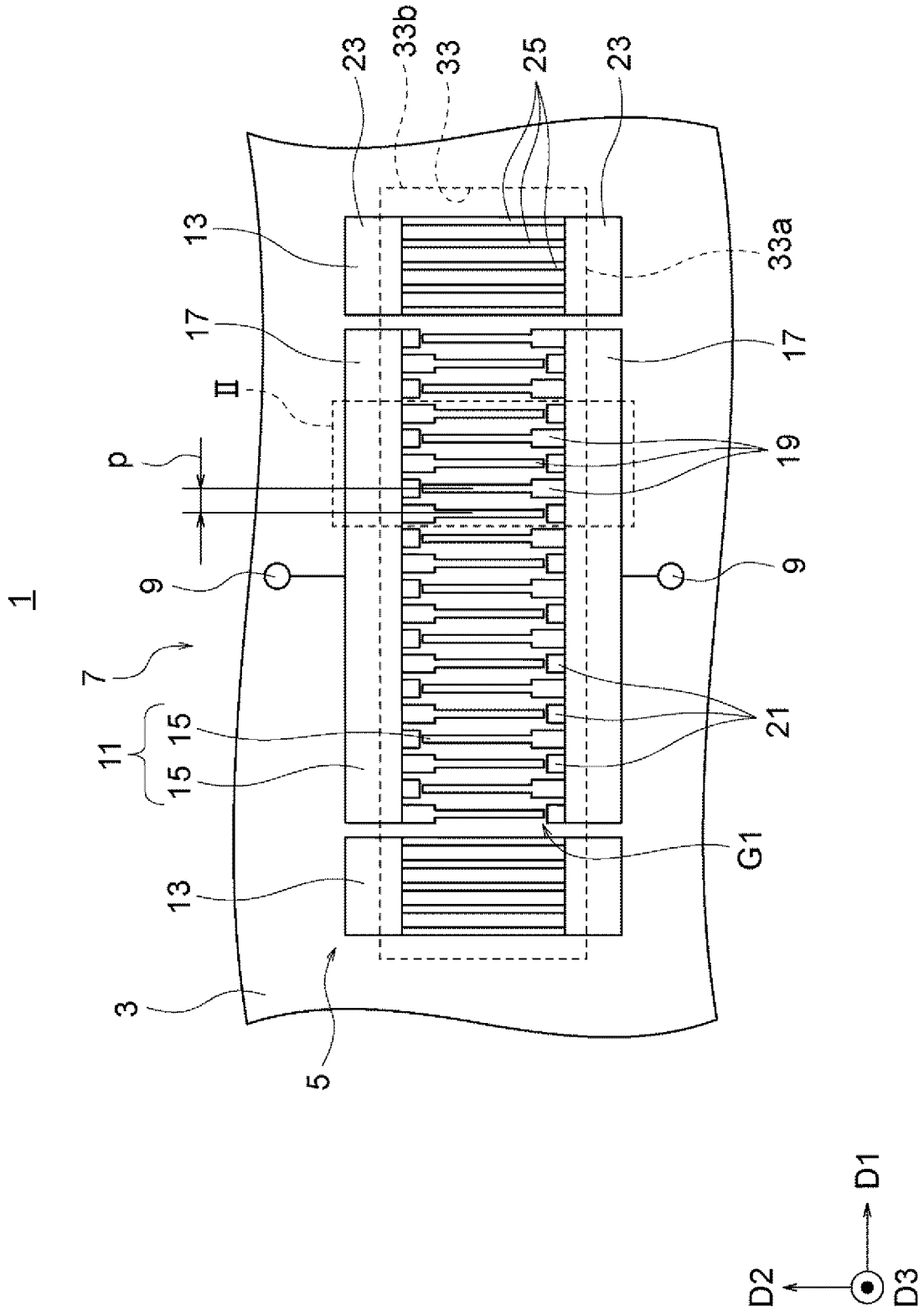
請求項1～10のいずれか1項に記載の弾性波素子を含むフィルタと、

前記フィルタと接続されているアンテナと、

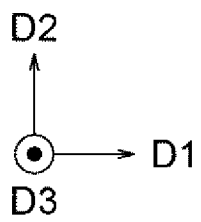
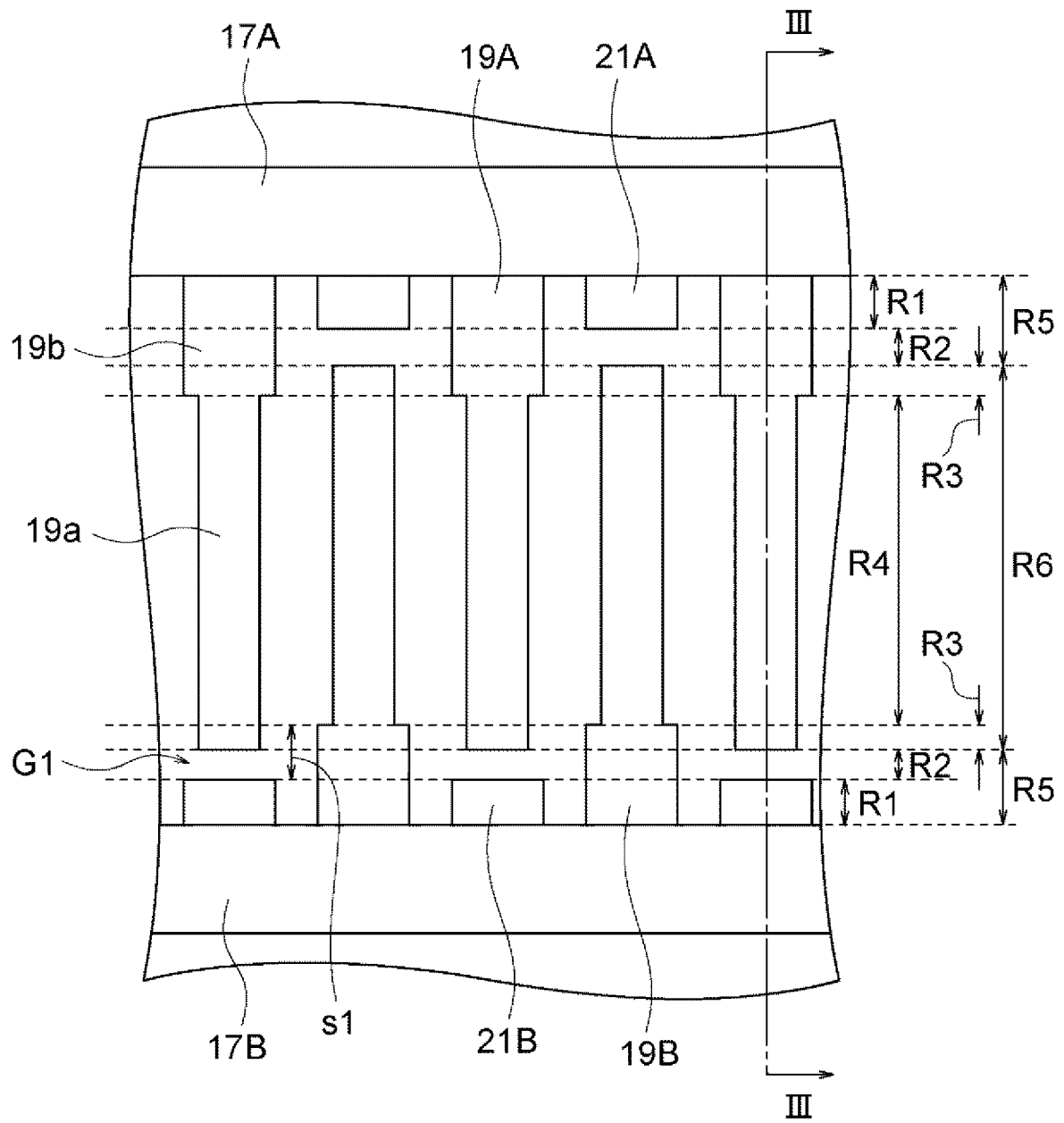
前記フィルタを介して前記アンテナと接続されている集積回路素子と、

を有している通信装置。

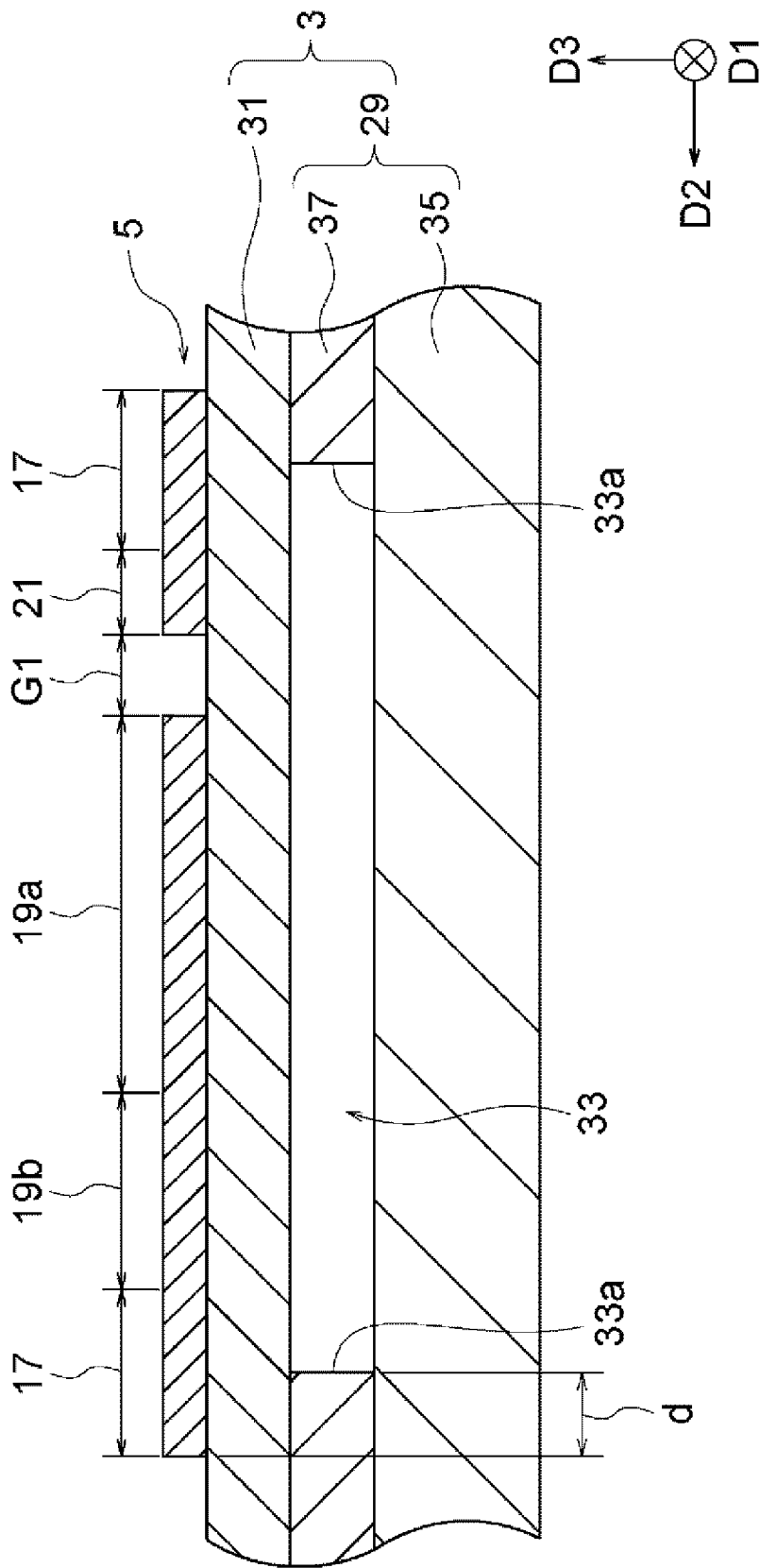
[図1]



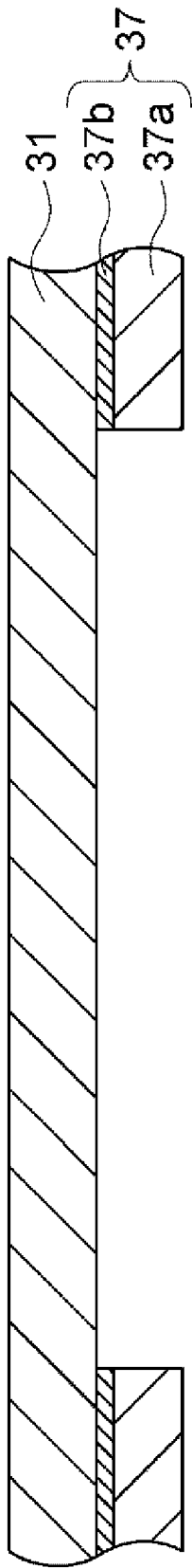
[図2]



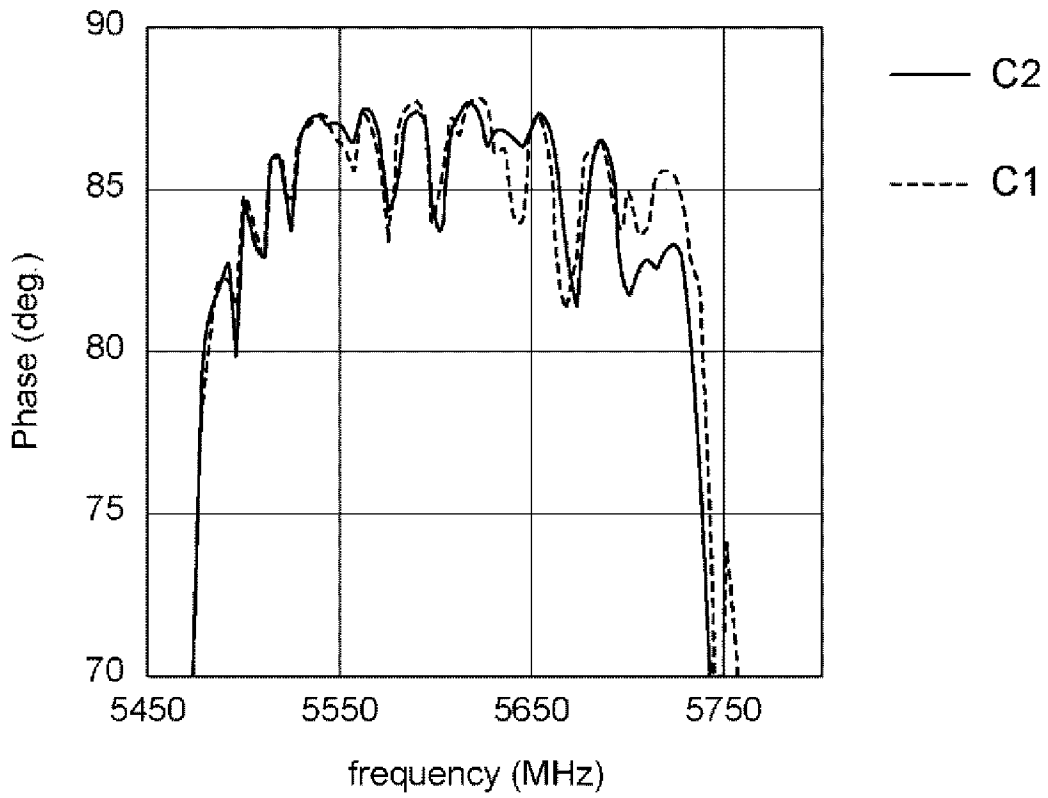
[図3A]



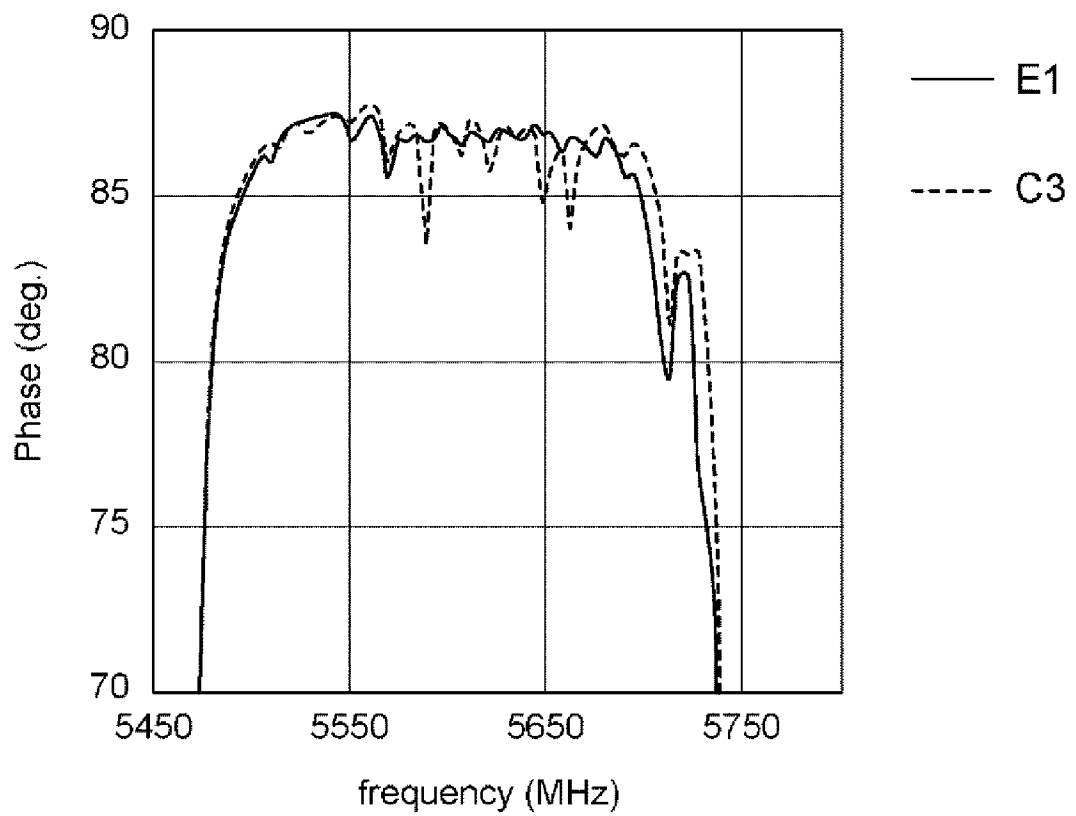
[図3B]



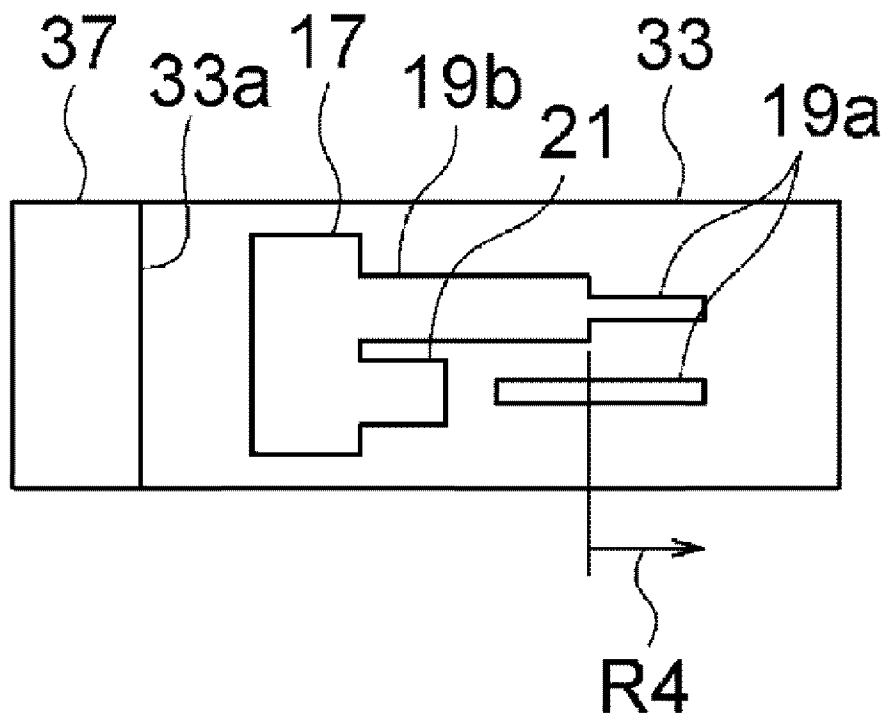
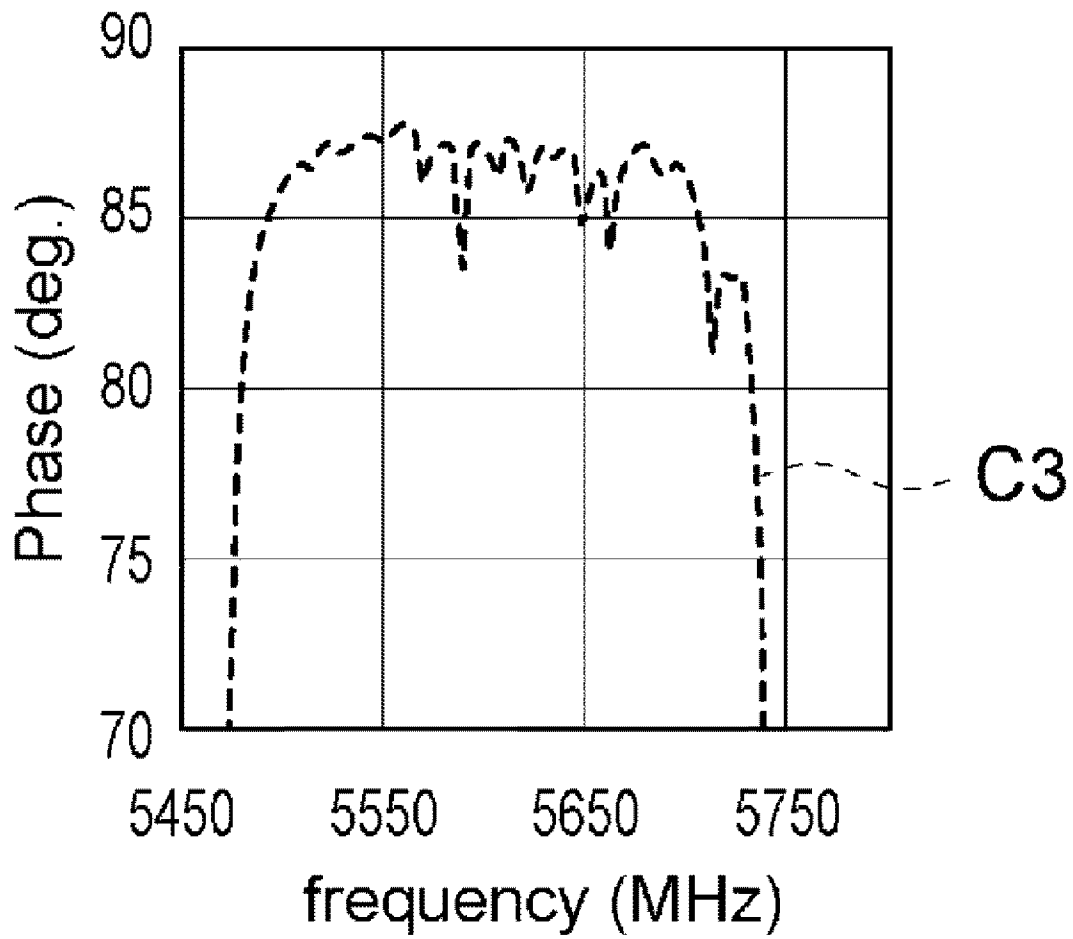
[図4A]



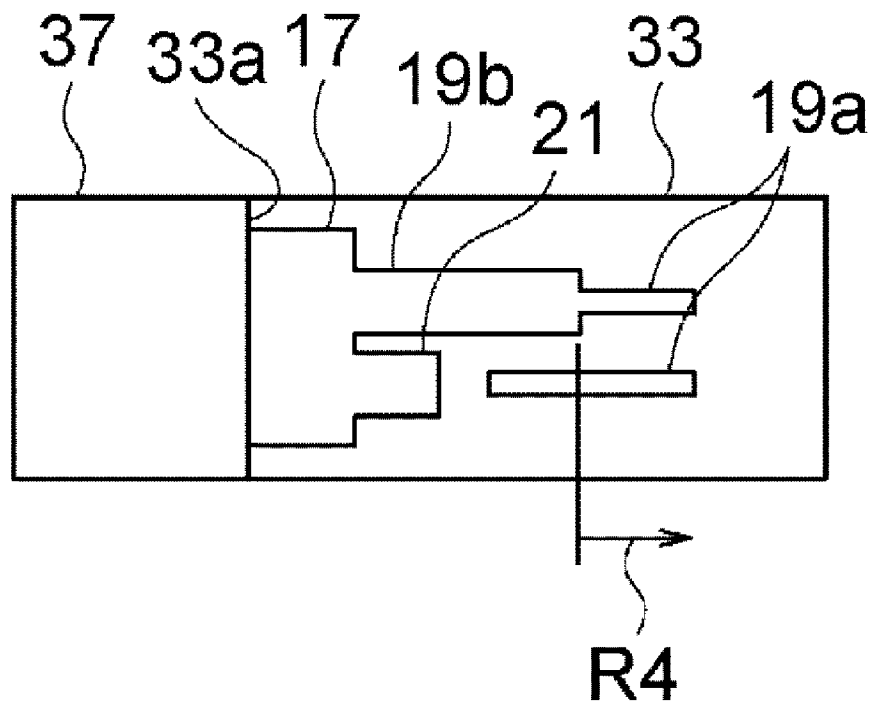
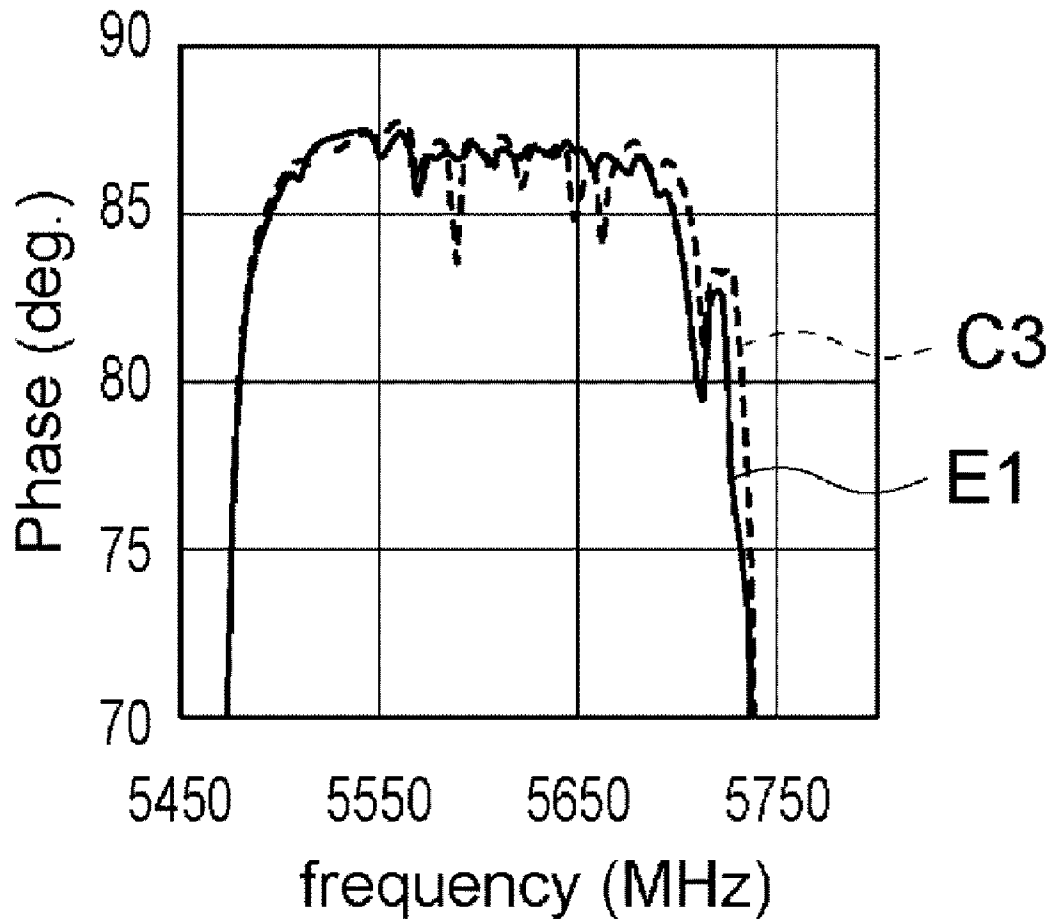
[図4B]



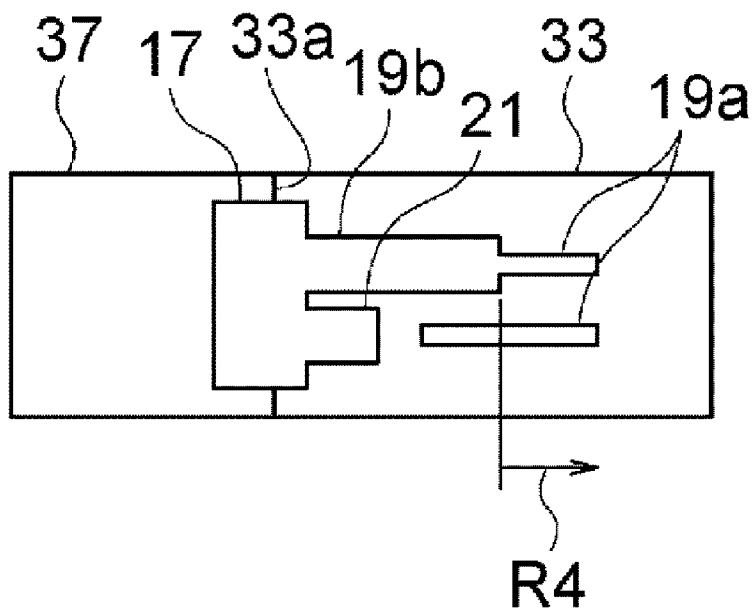
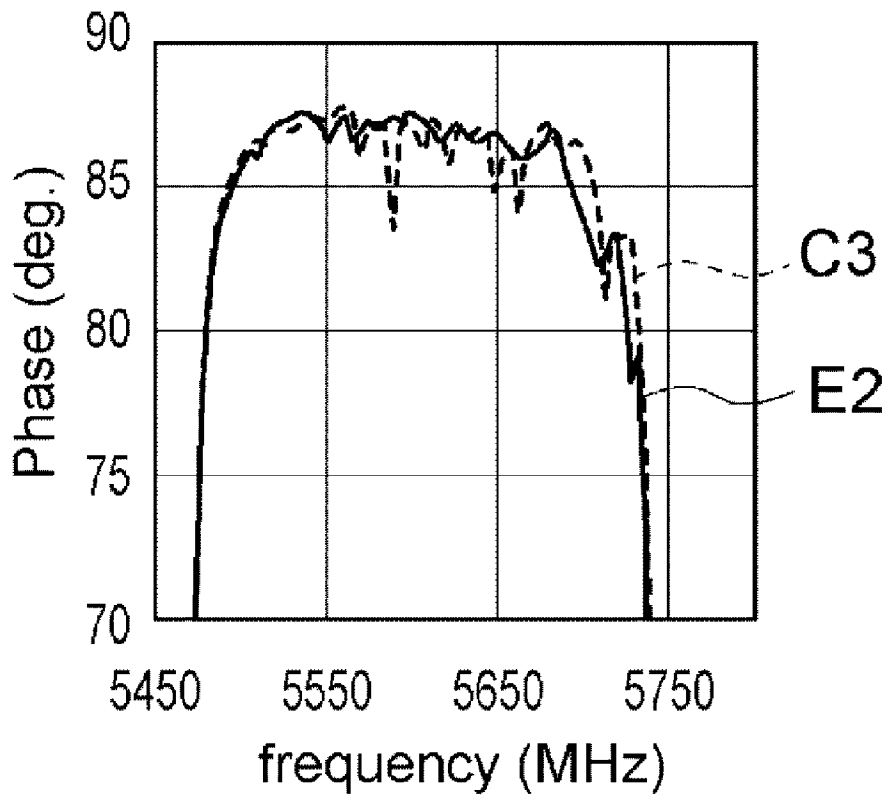
[図5A]



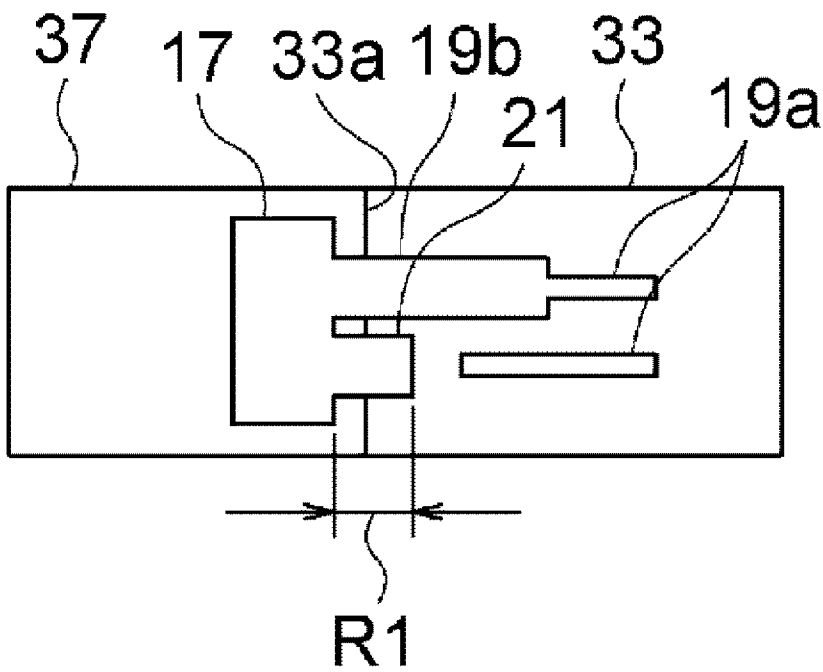
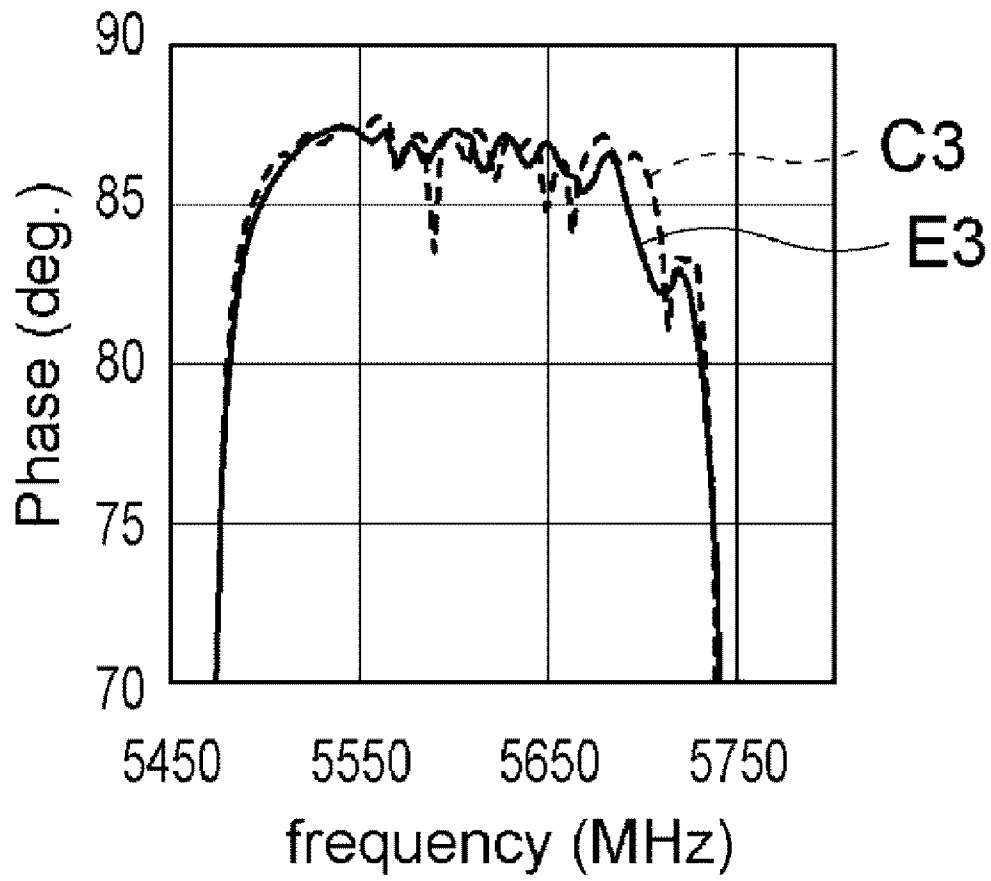
[図5B]



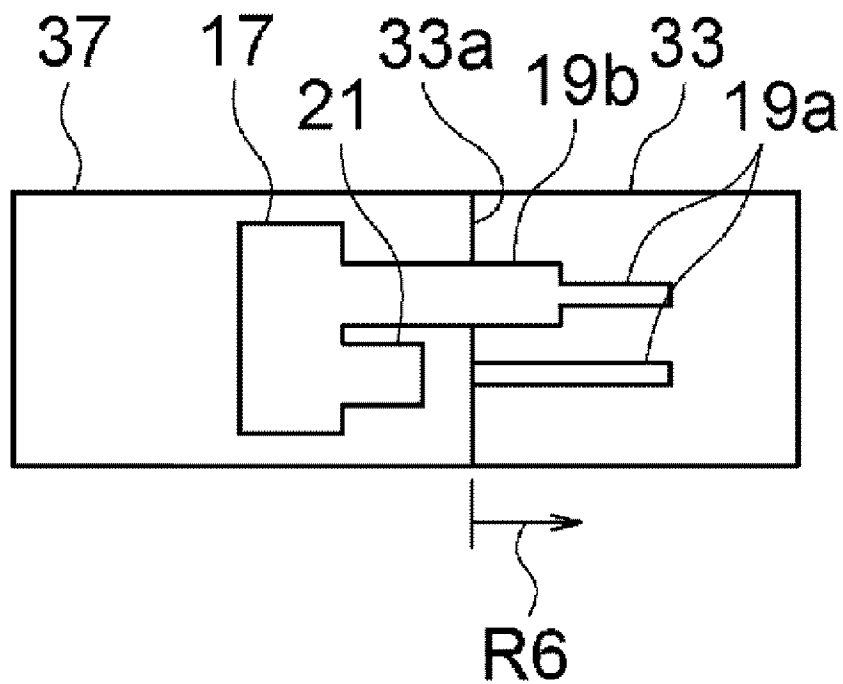
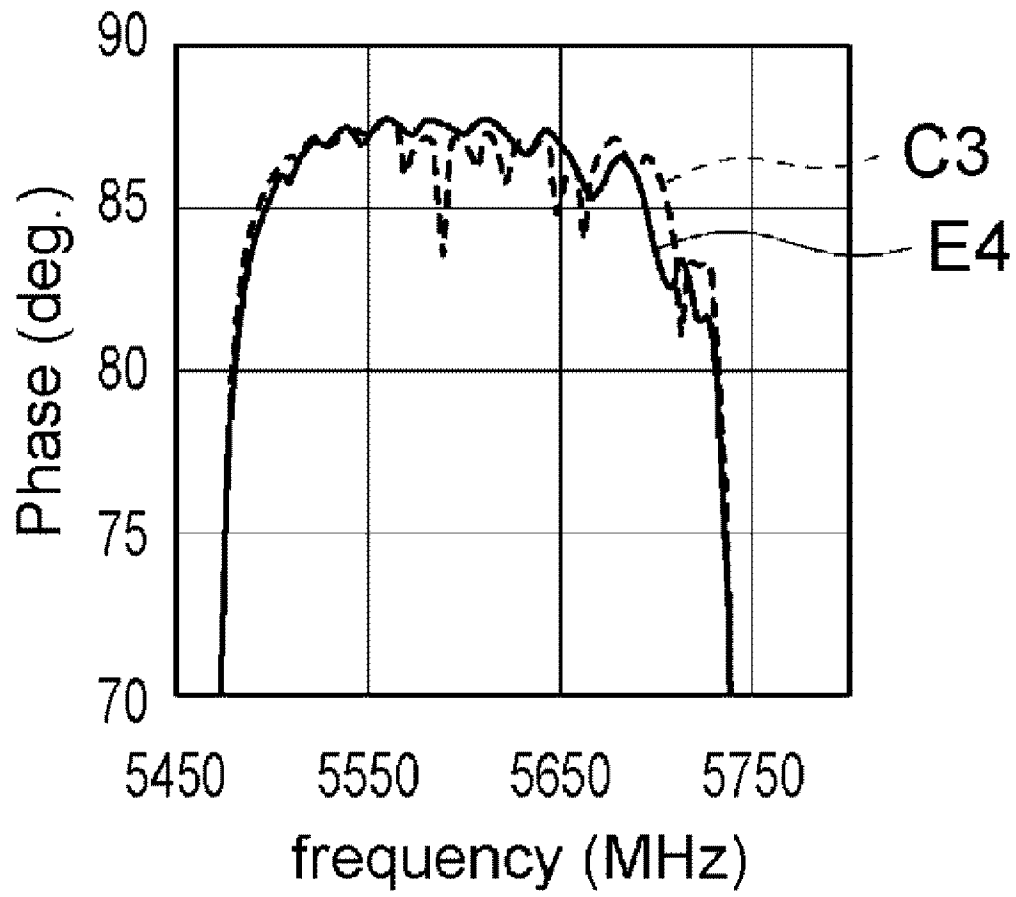
[図5C]



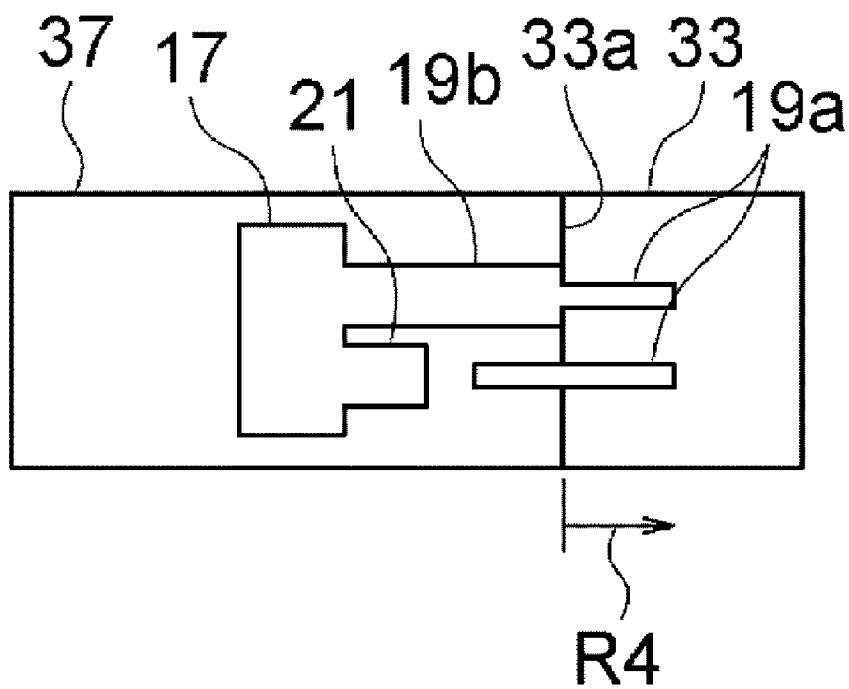
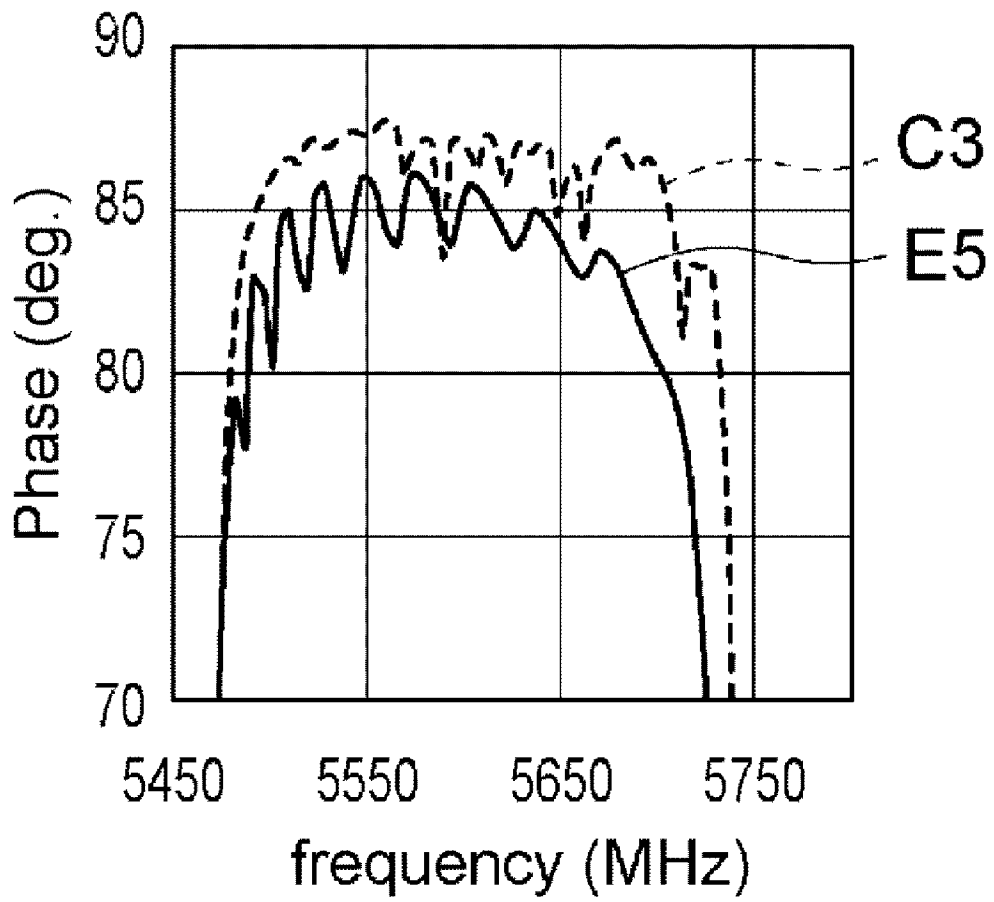
[図6A]



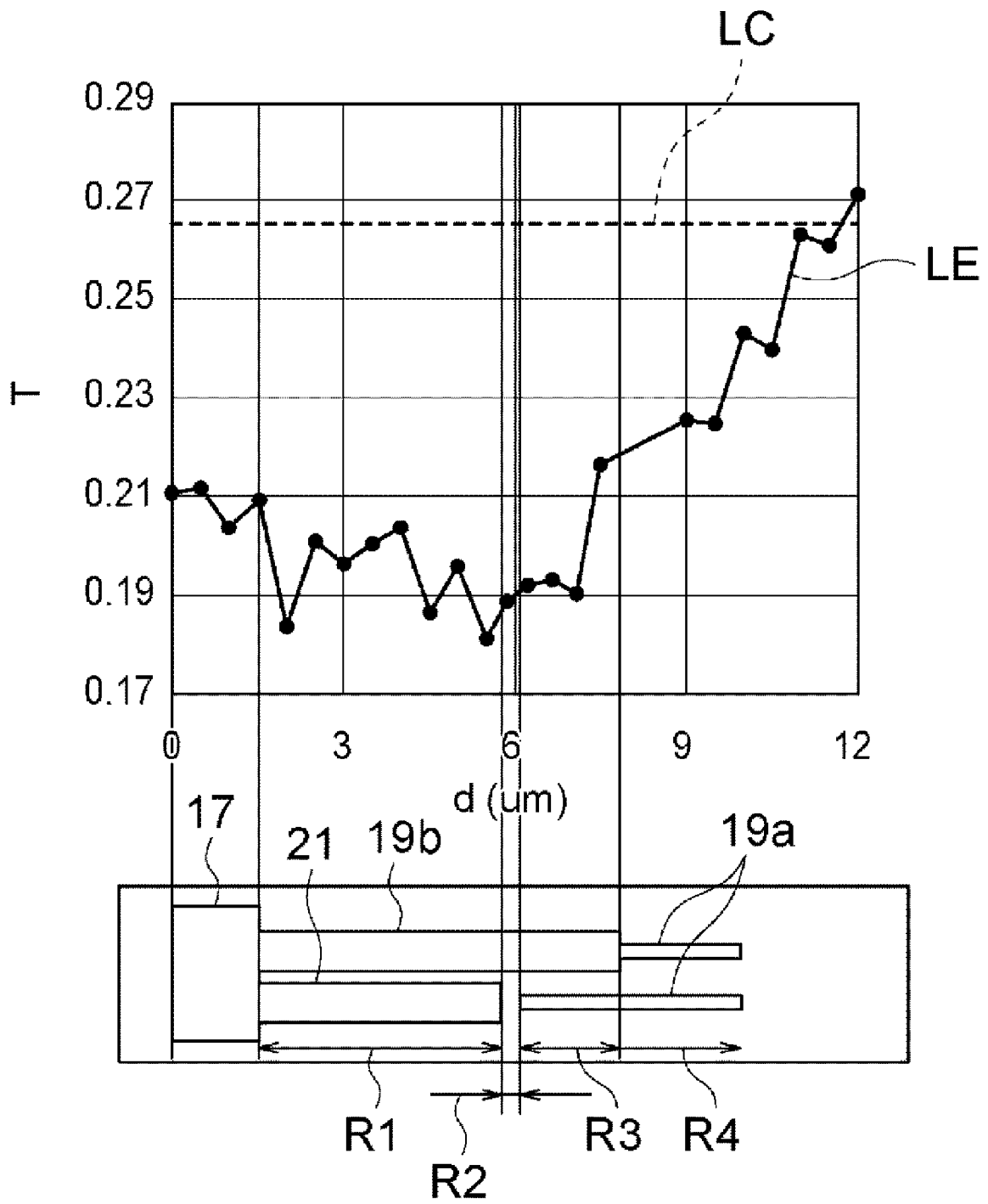
[図6B]



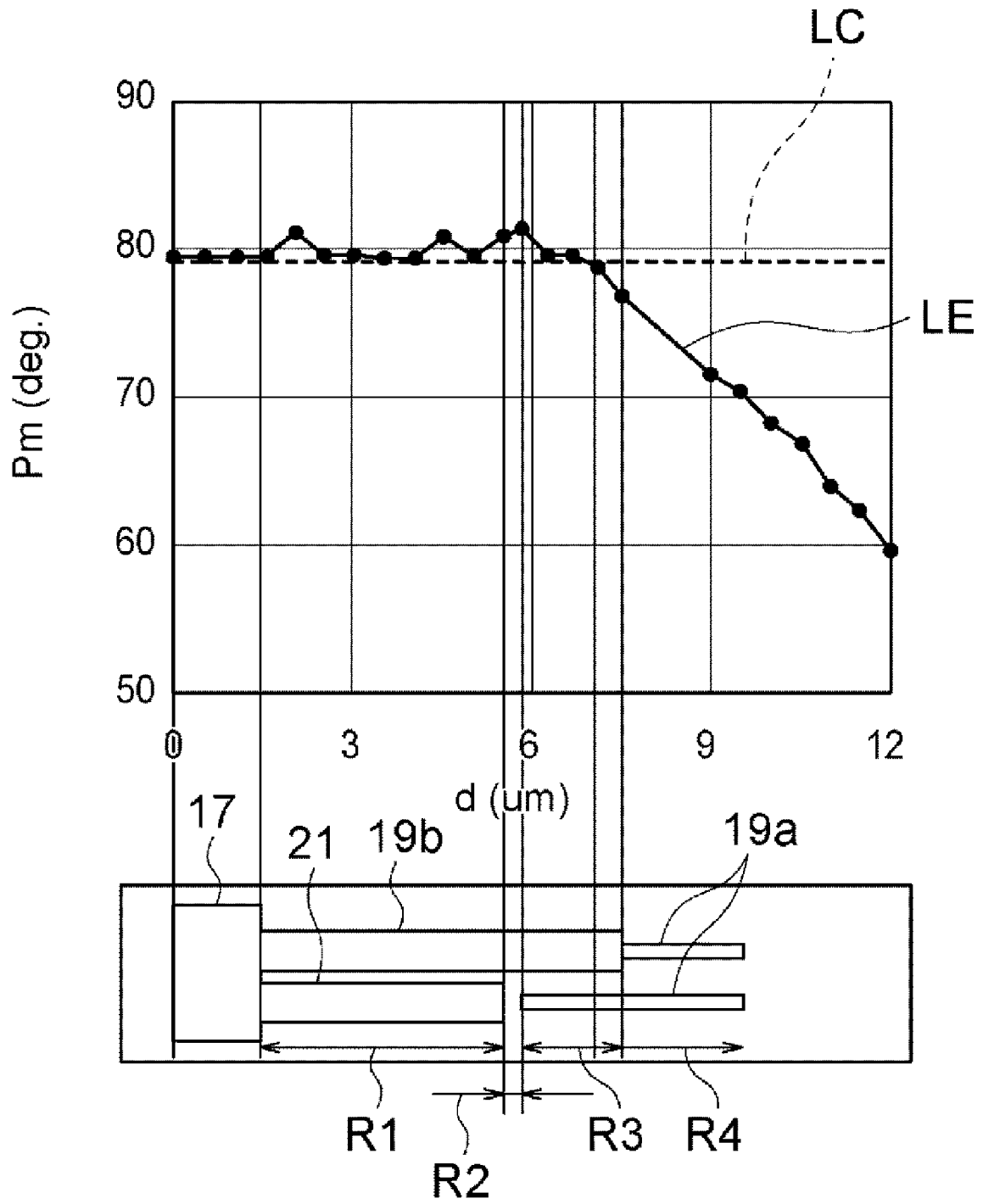
[図6C]



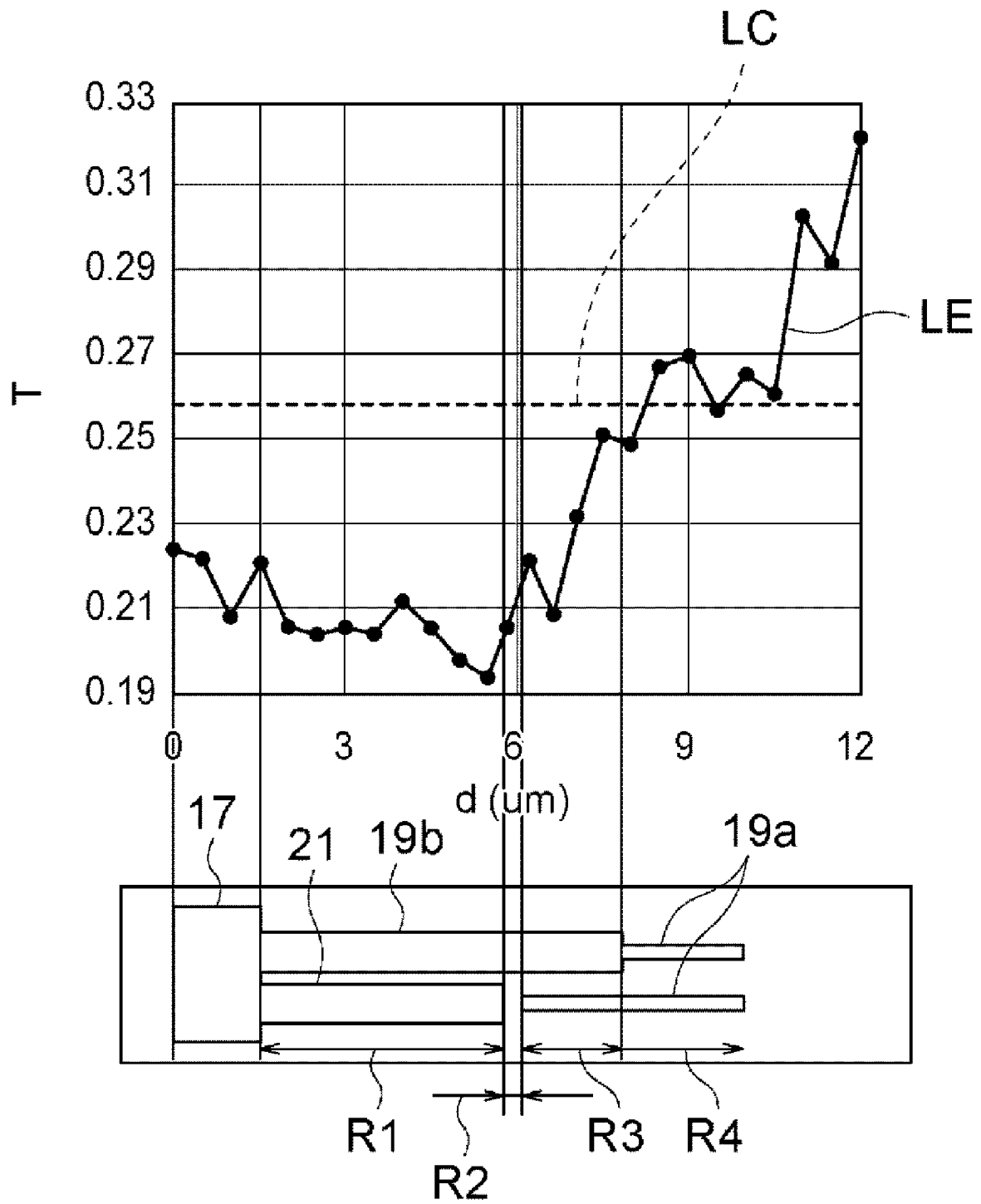
[図7A]



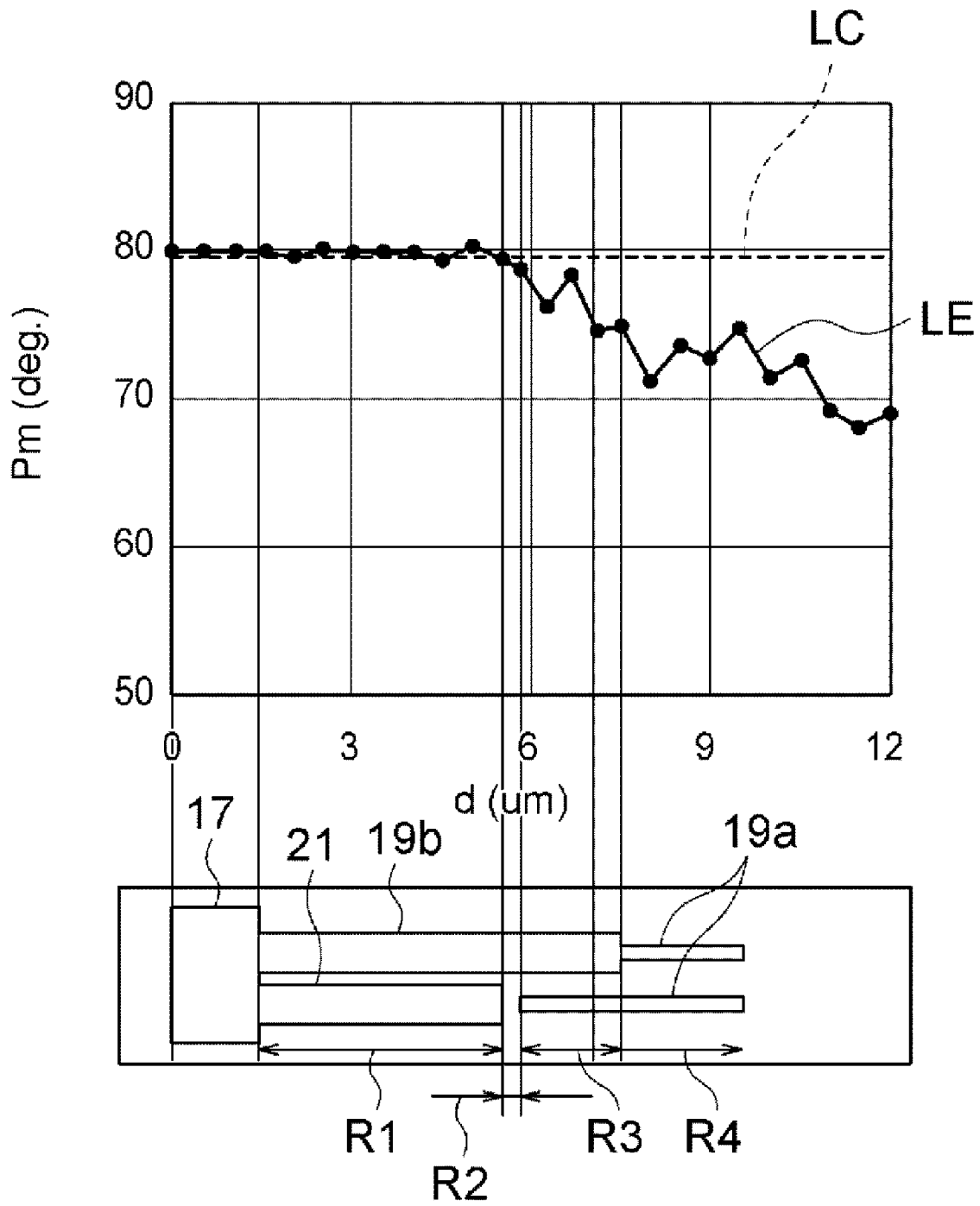
[図7B]



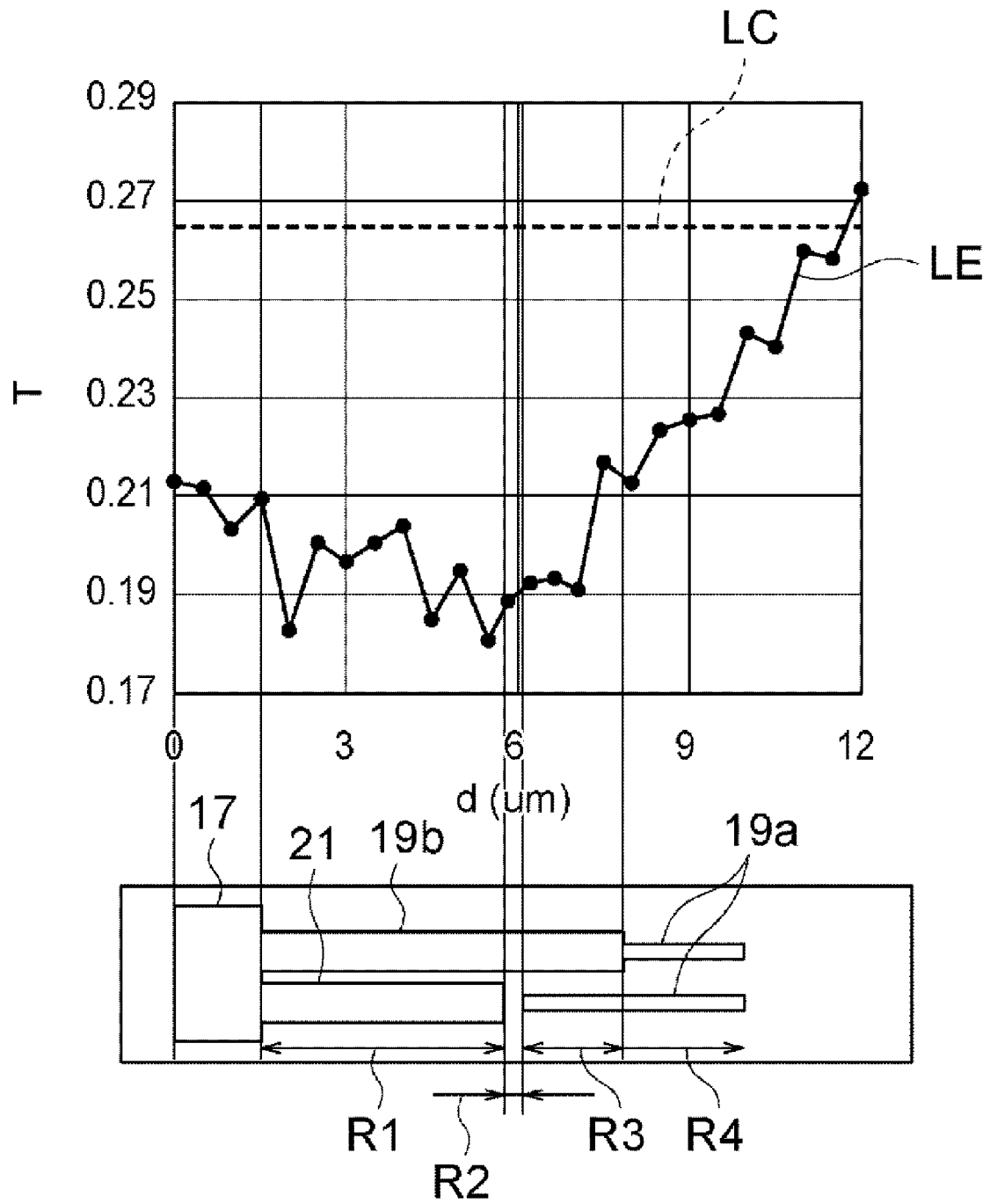
[図8A]



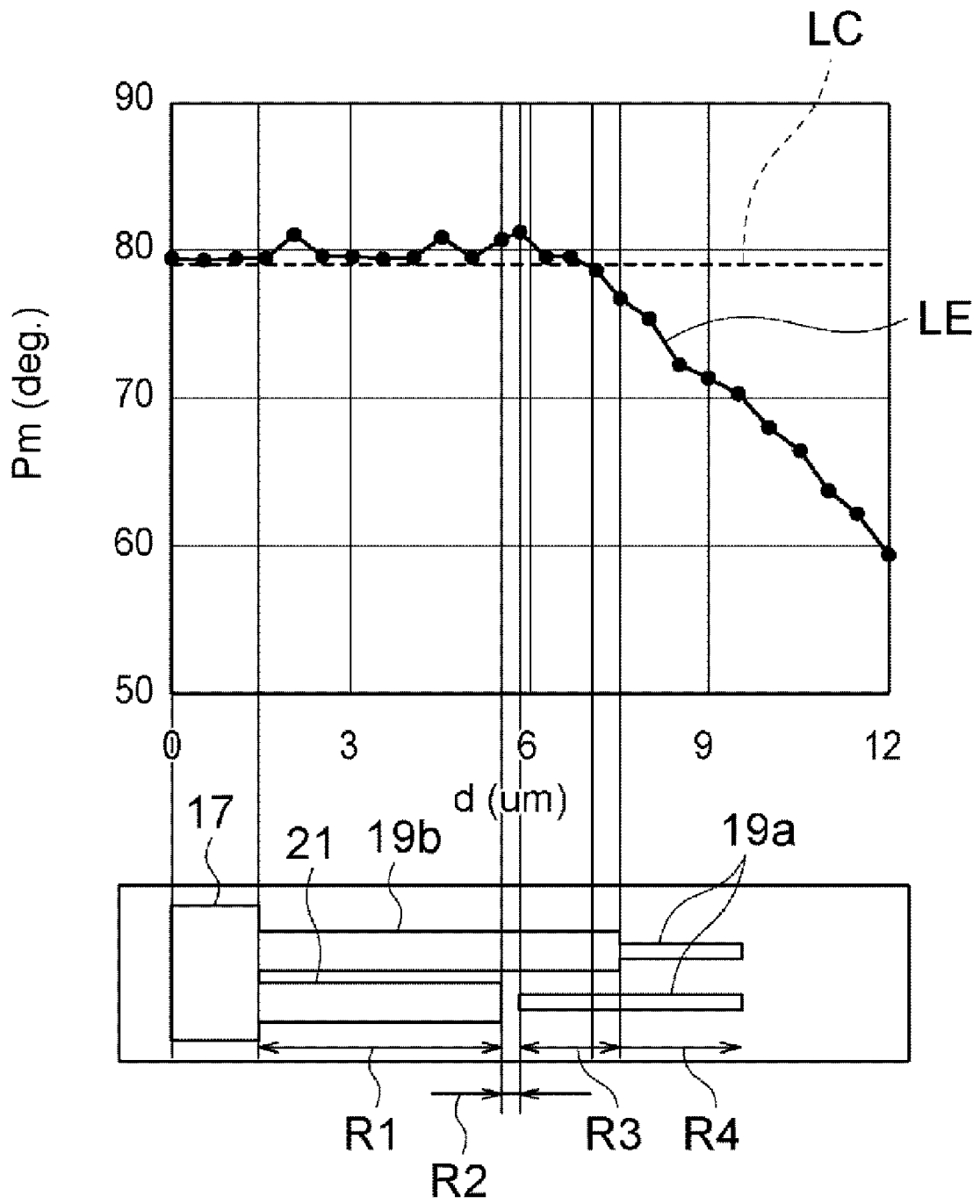
[図8B]



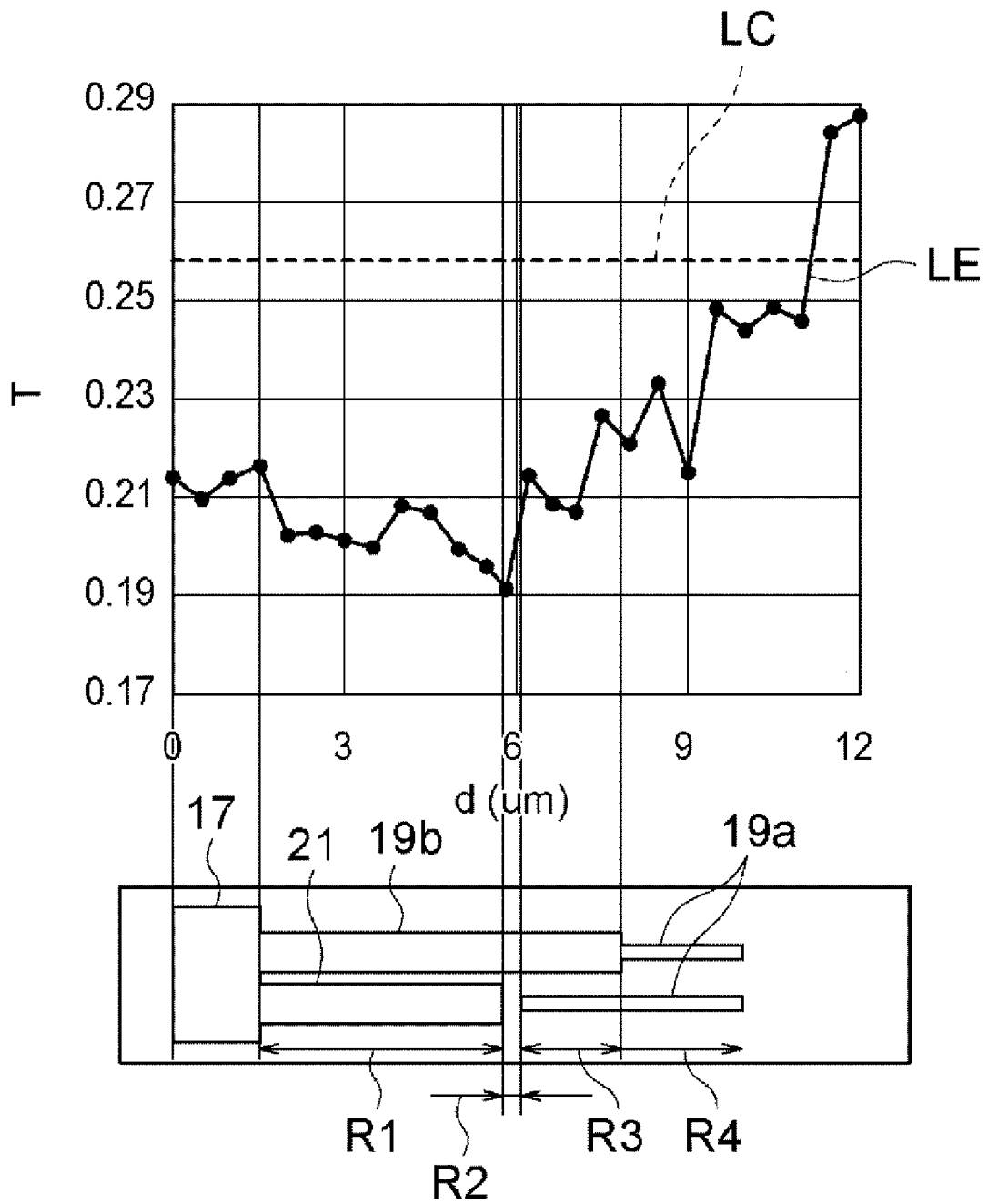
[図9A]



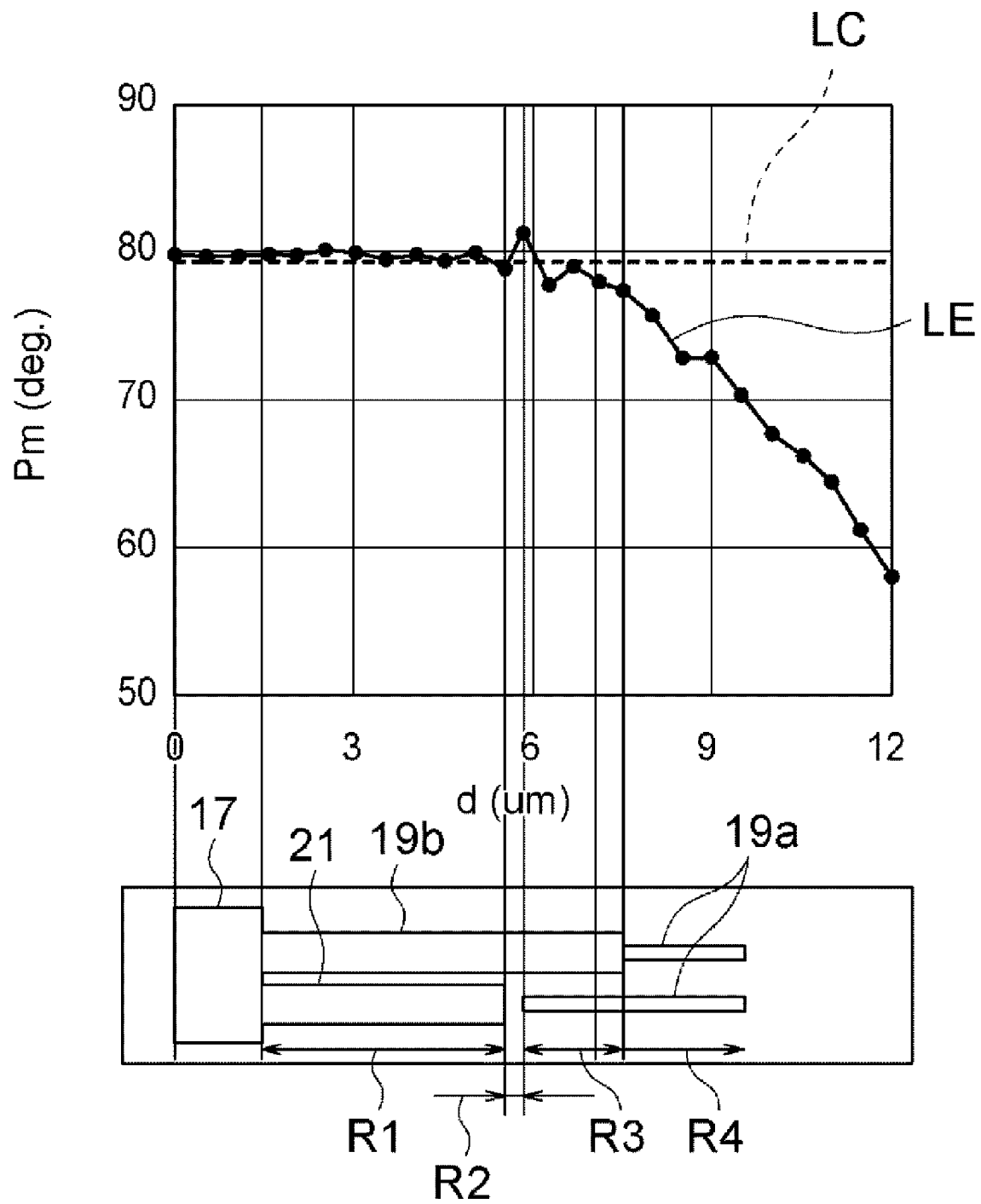
[図9B]



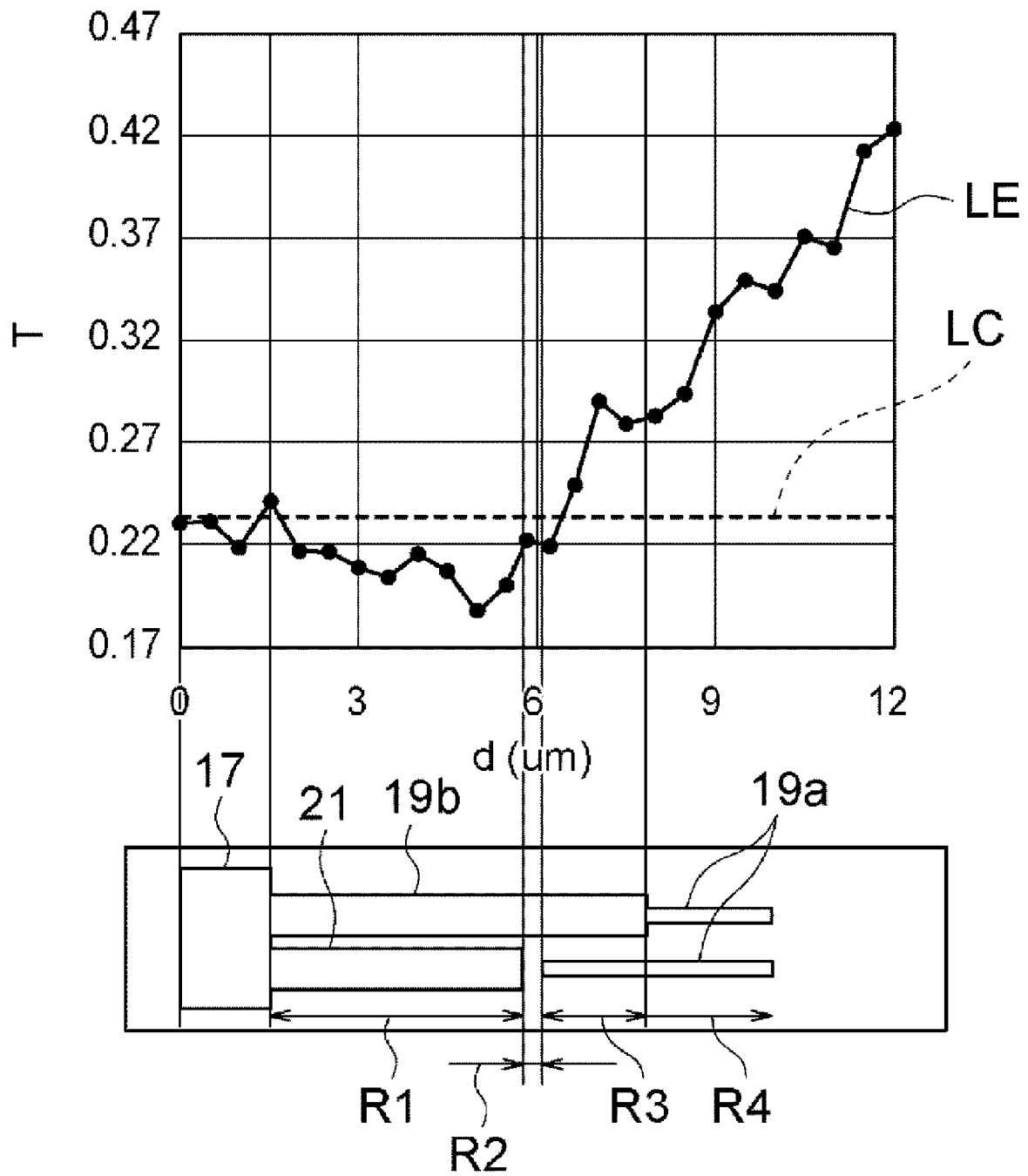
[図10A]



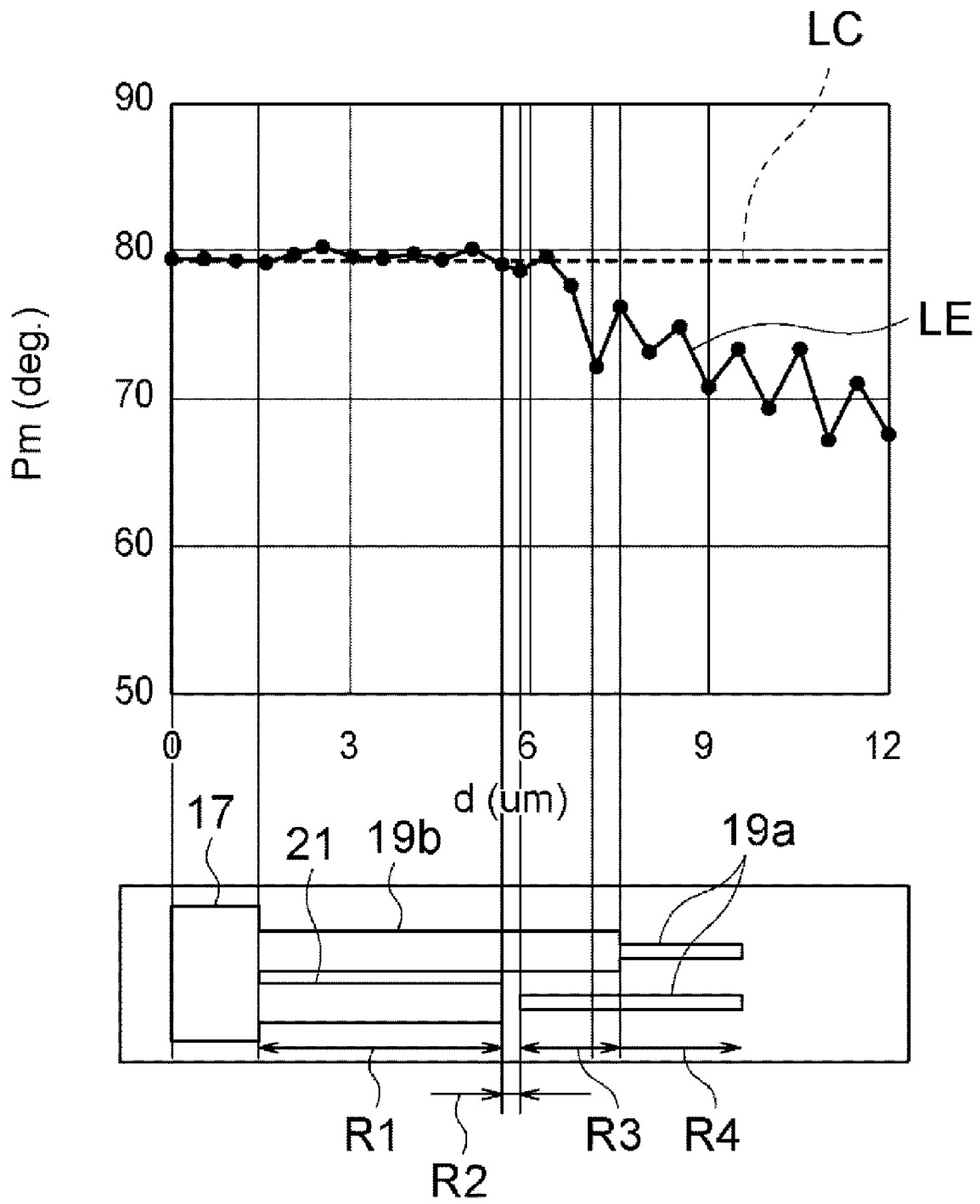
[図10B]



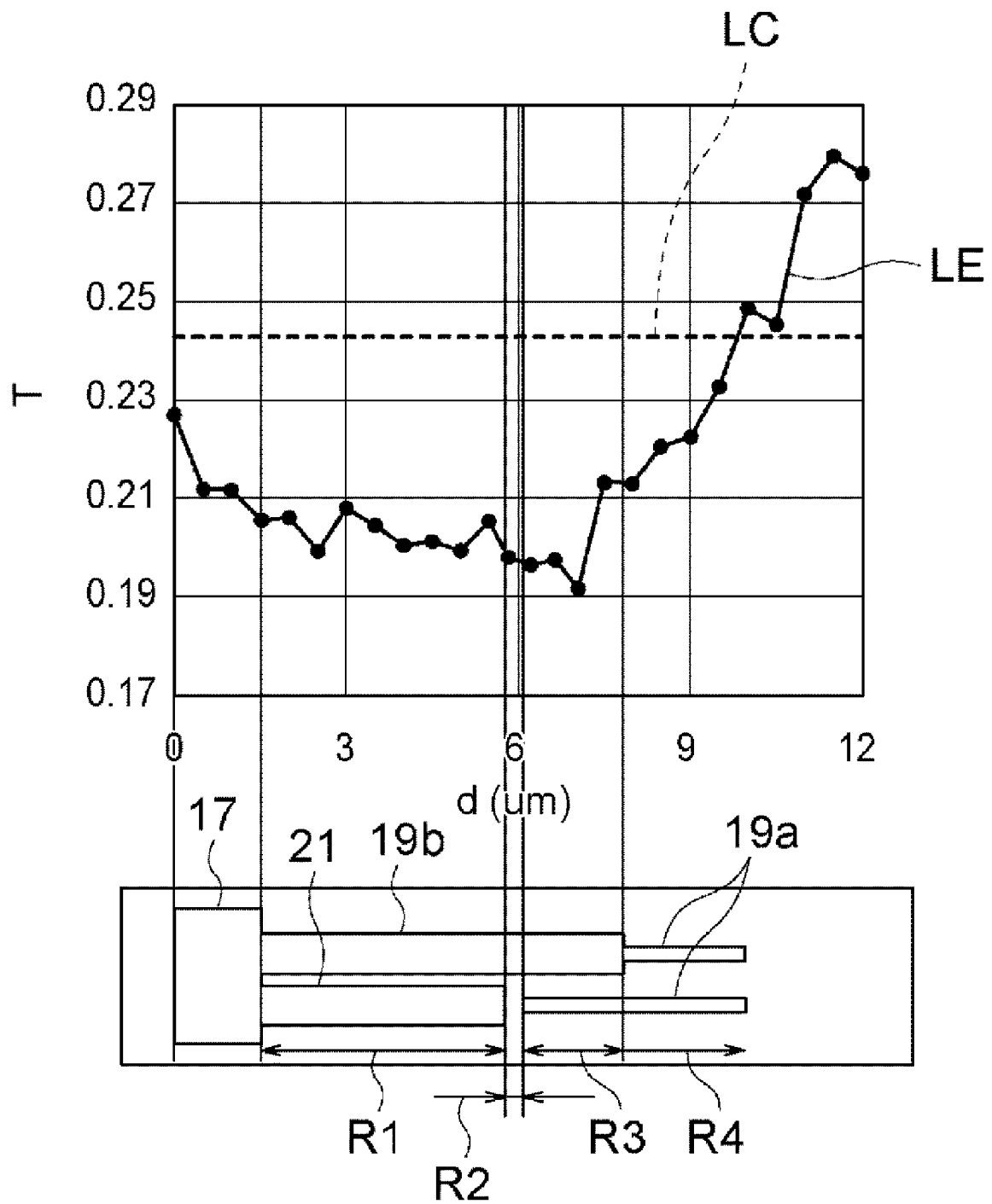
[図11A]



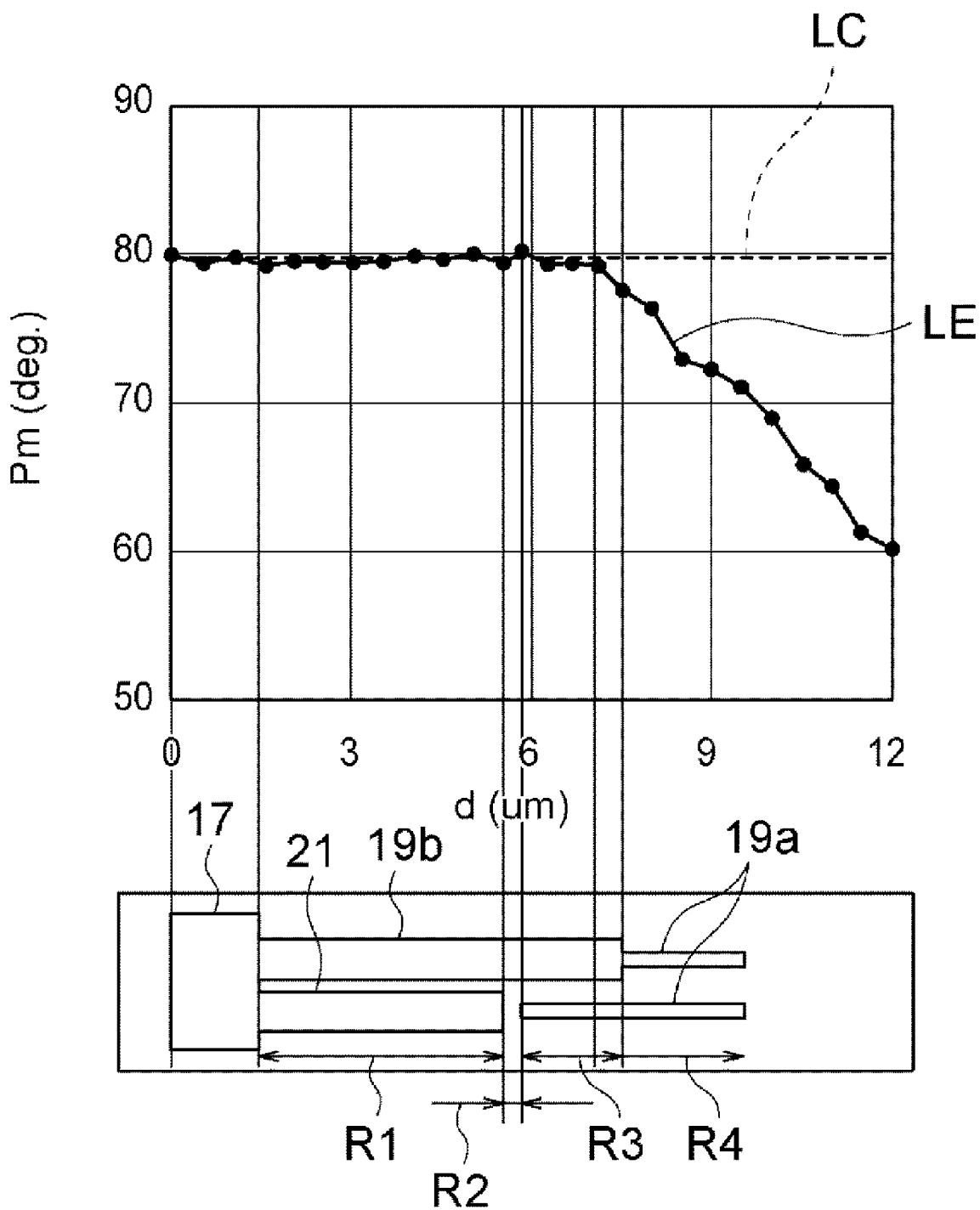
[図11B]



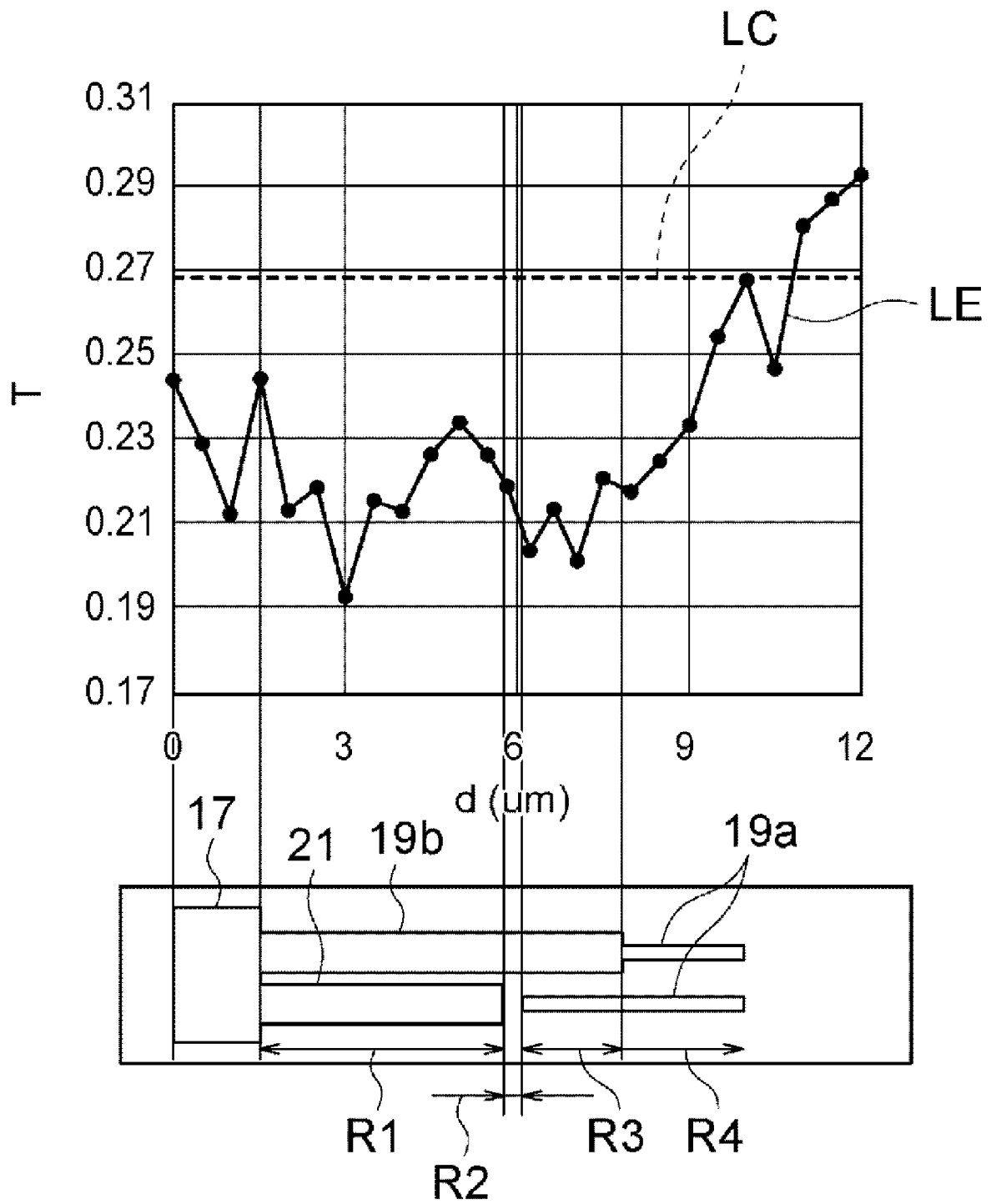
[図12A]



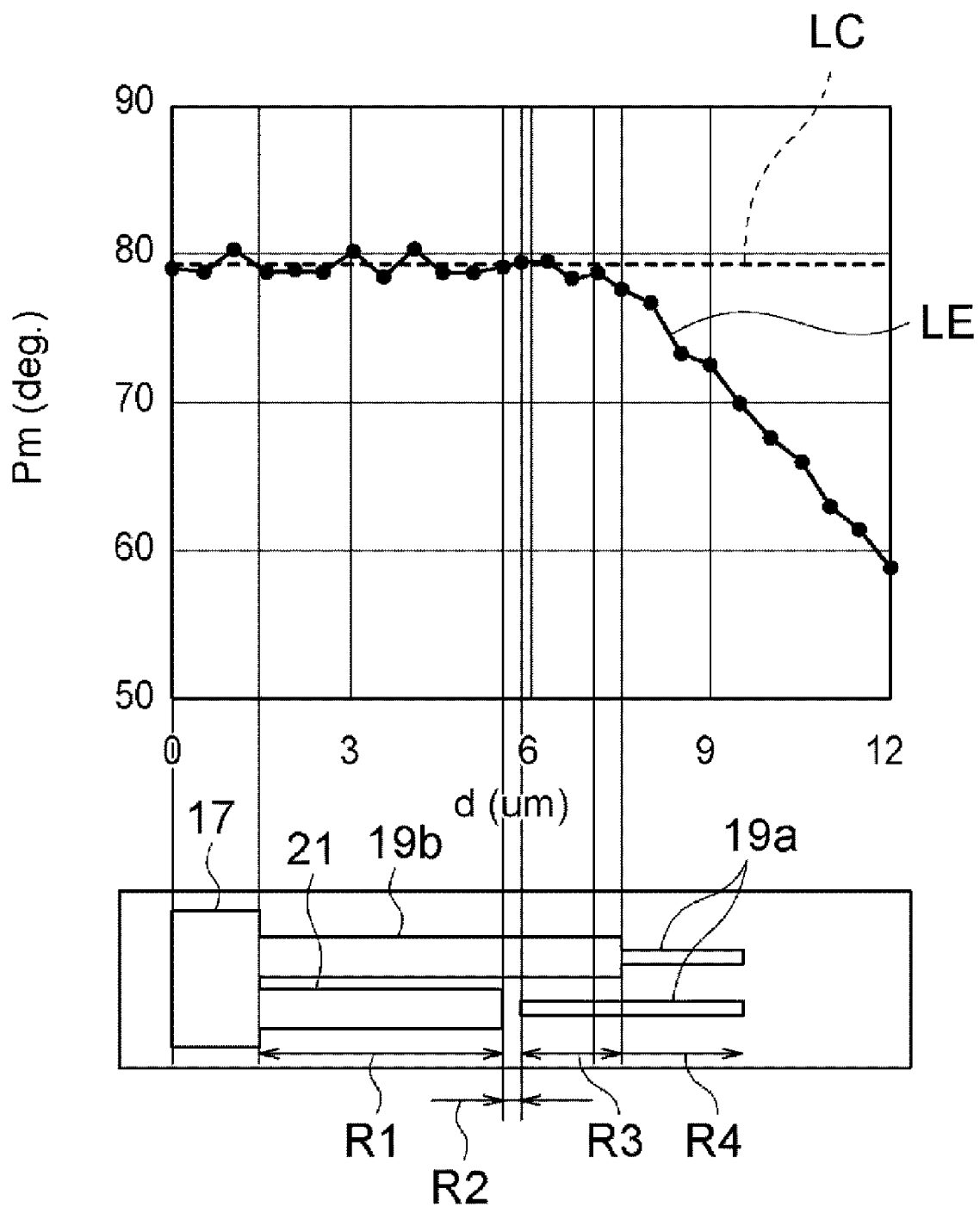
[図12B]



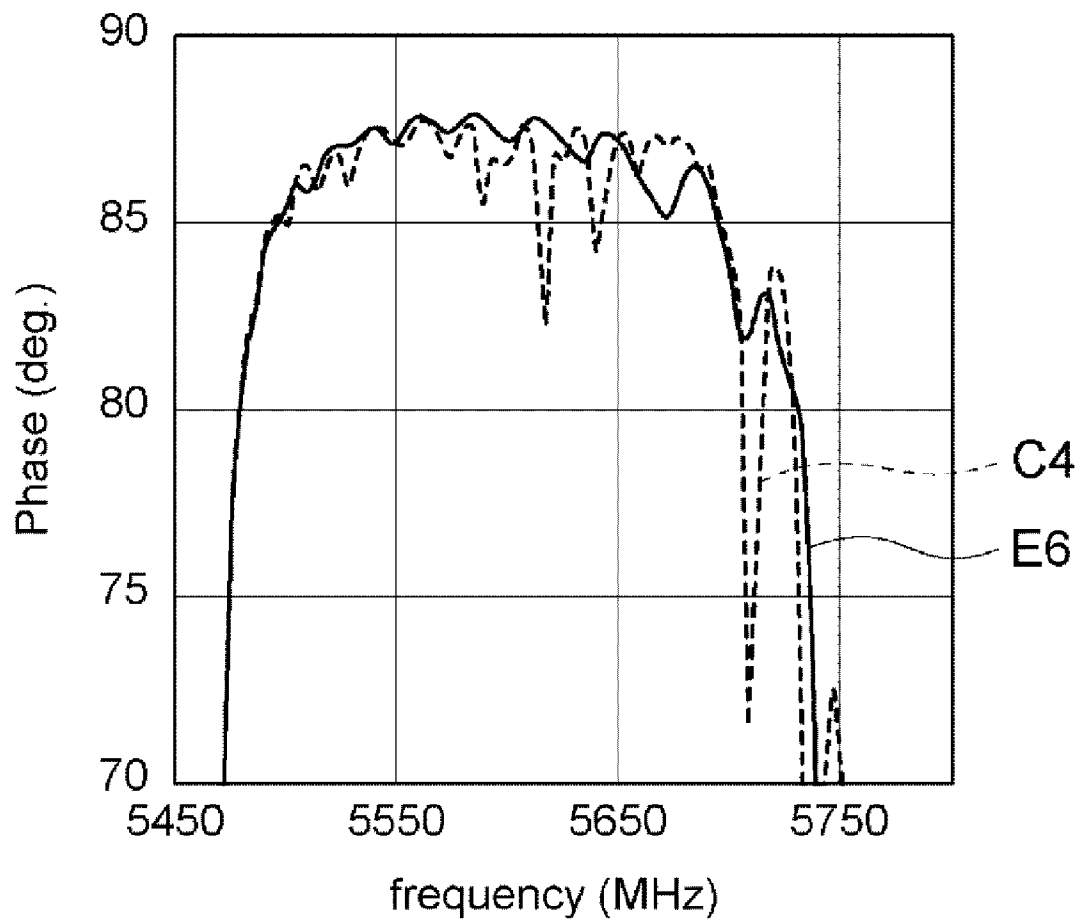
[図13A]



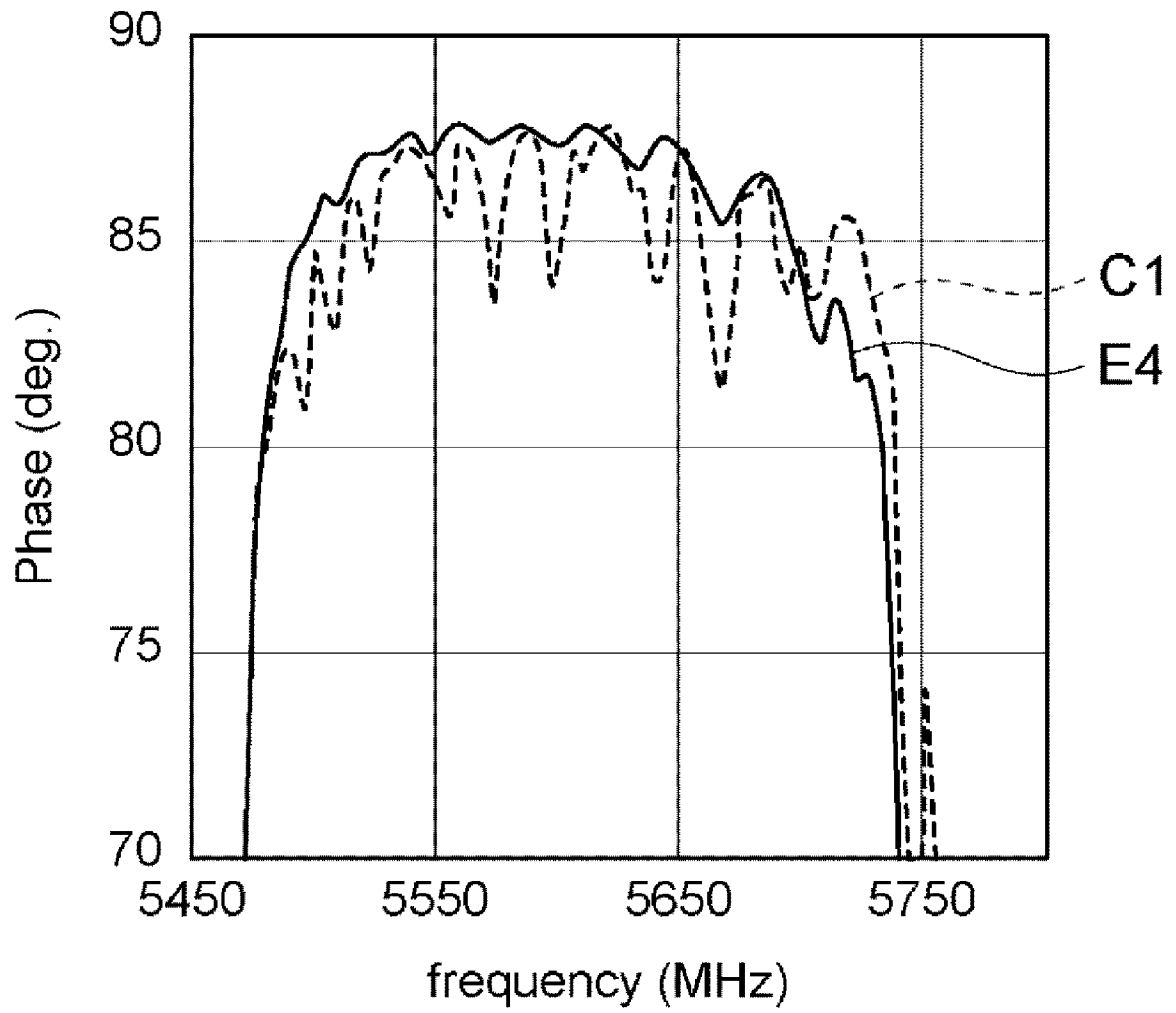
[図13B]



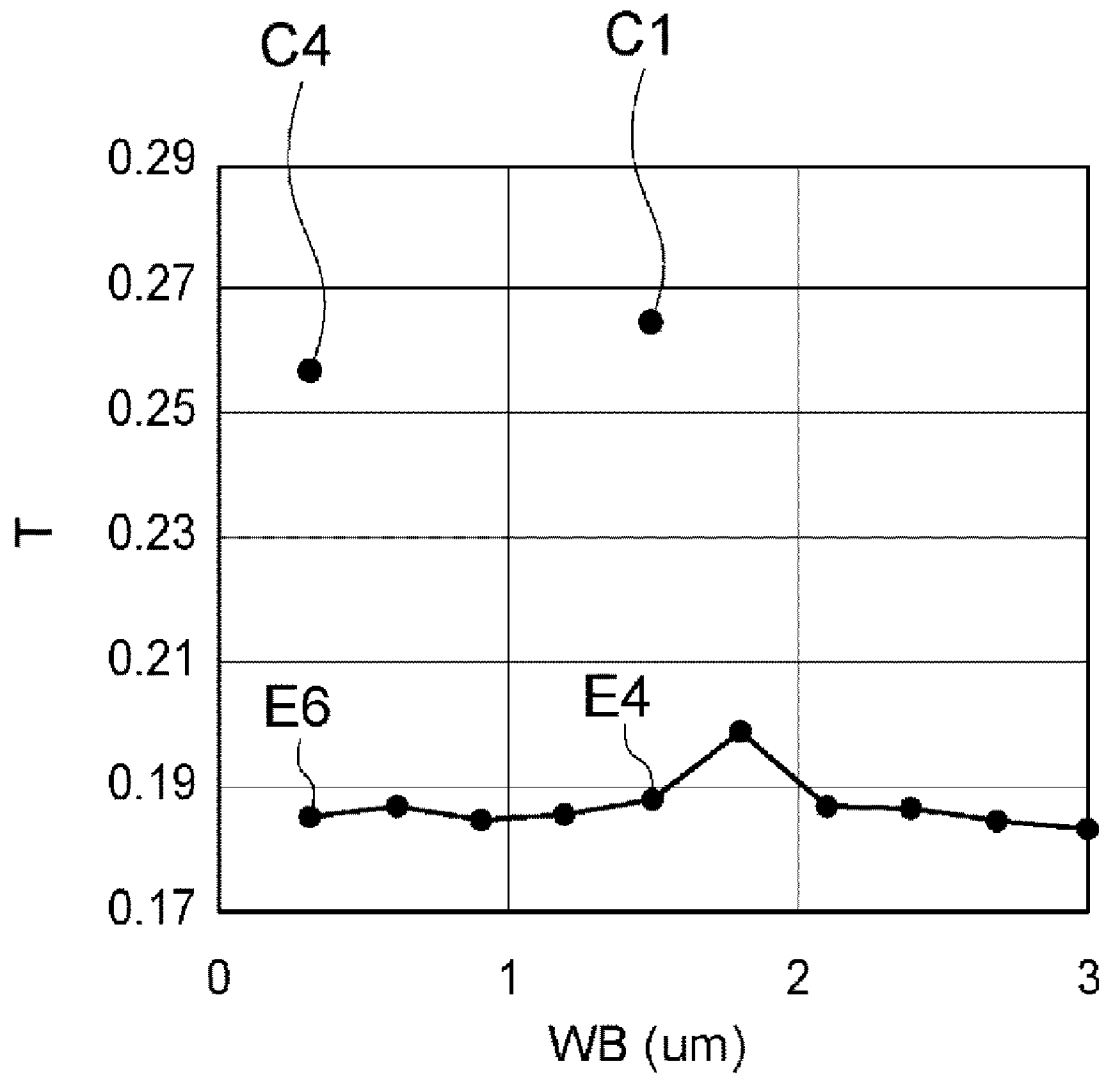
[図14A]



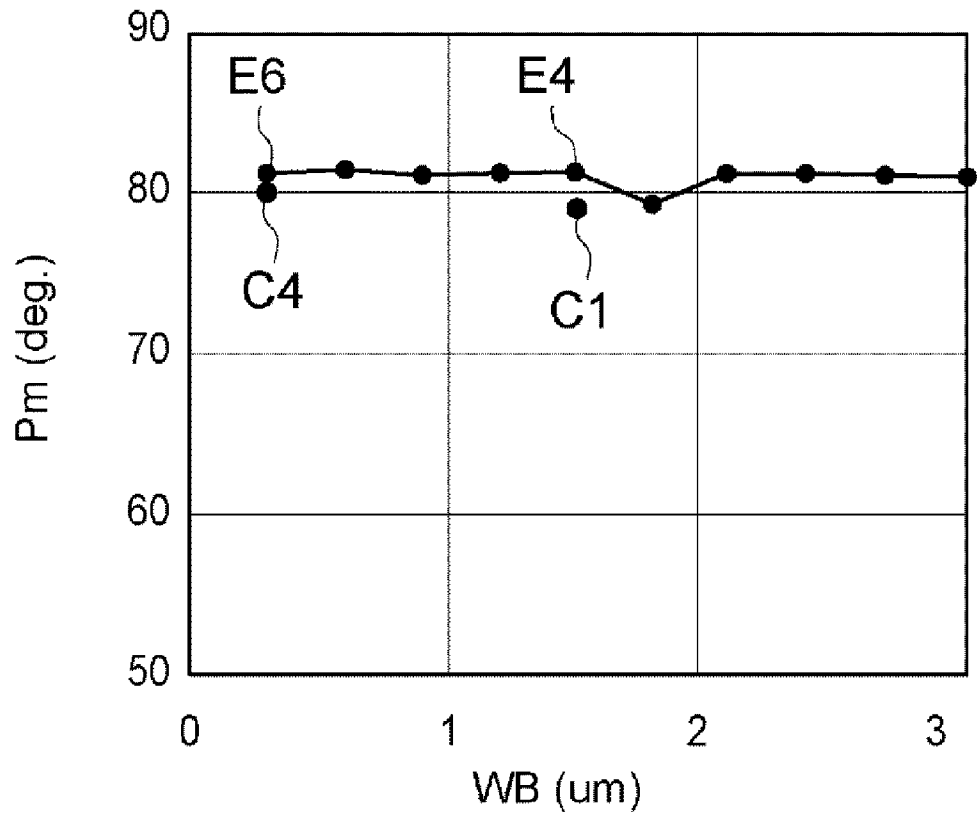
[図14B]



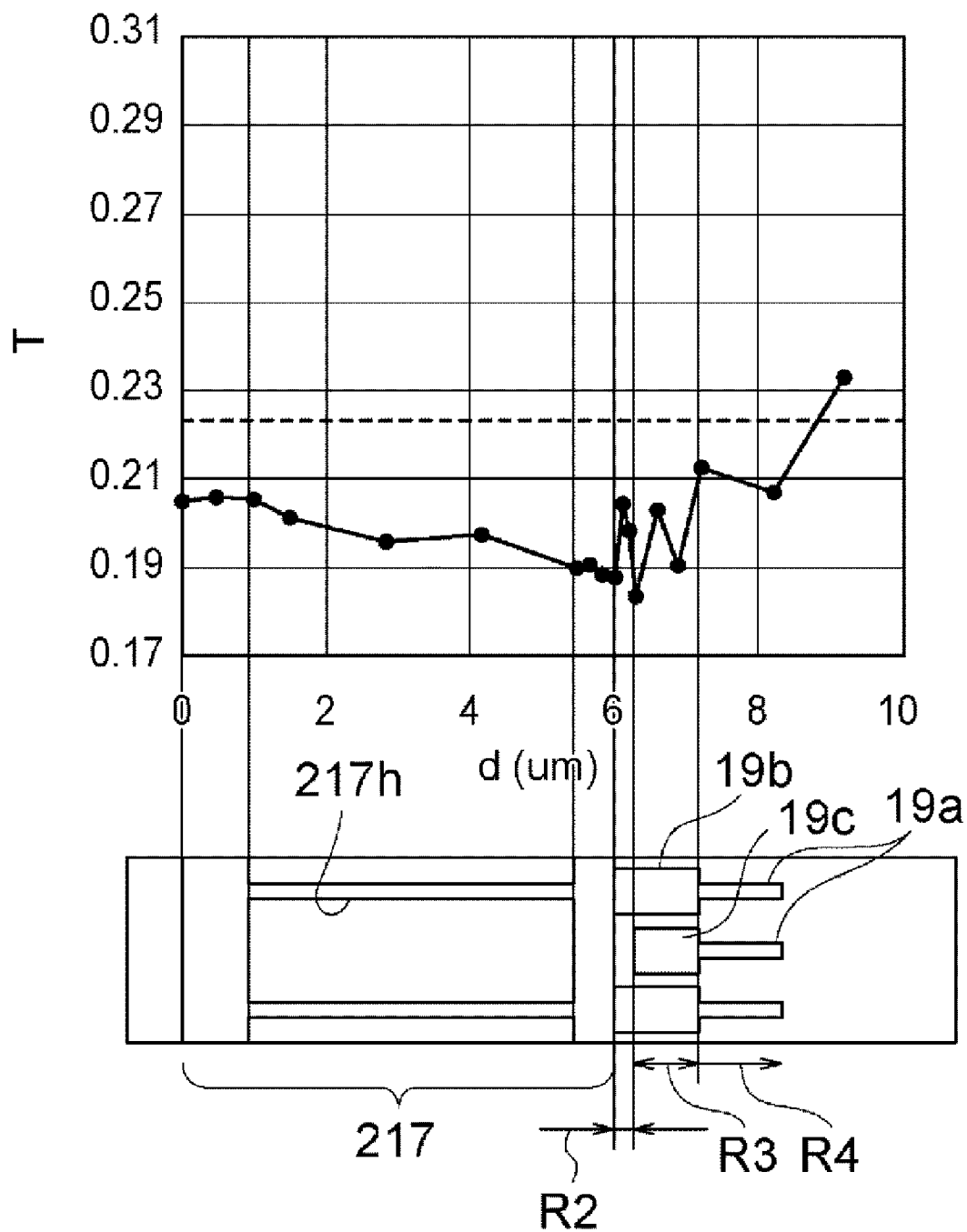
[図15A]



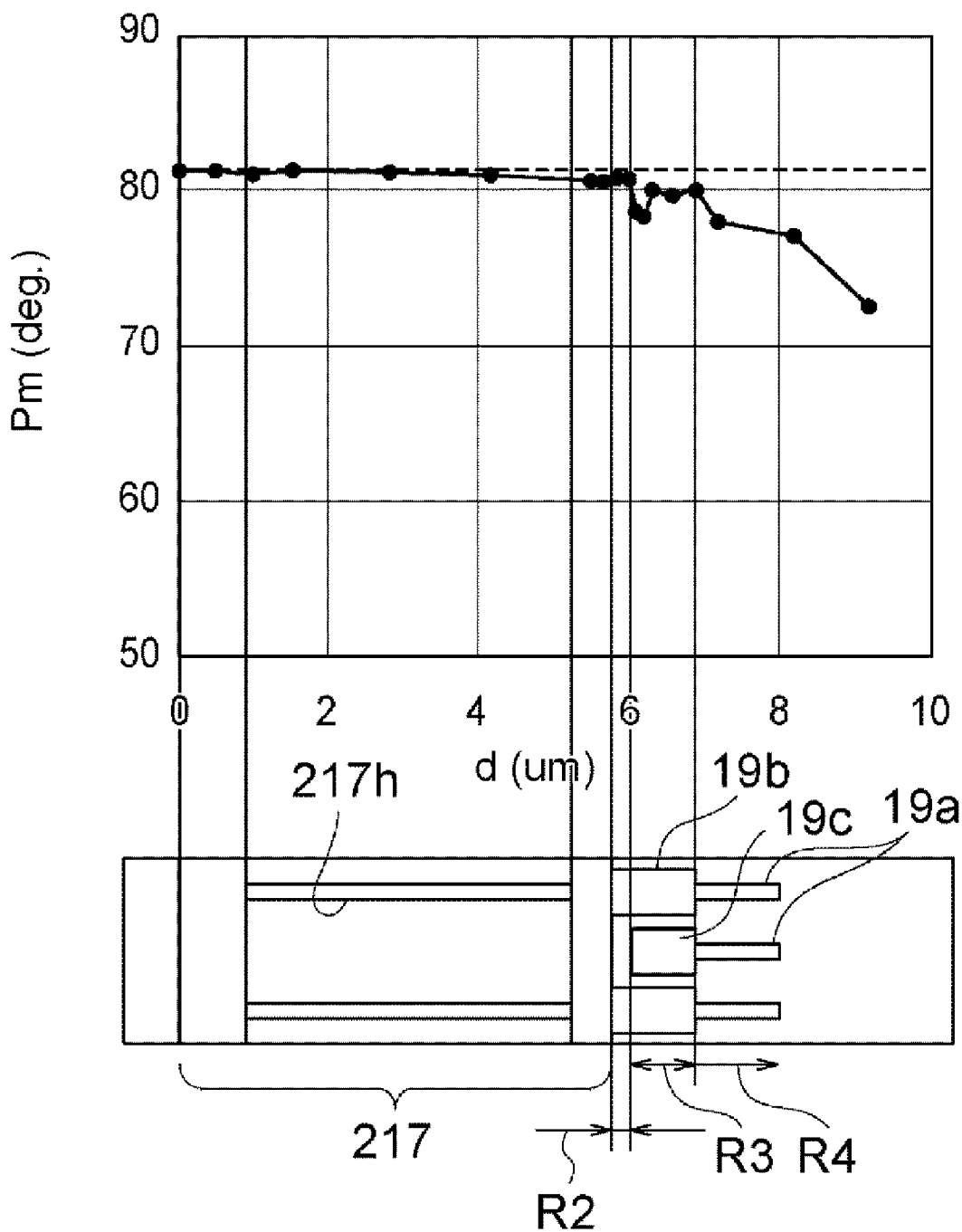
[図15B]



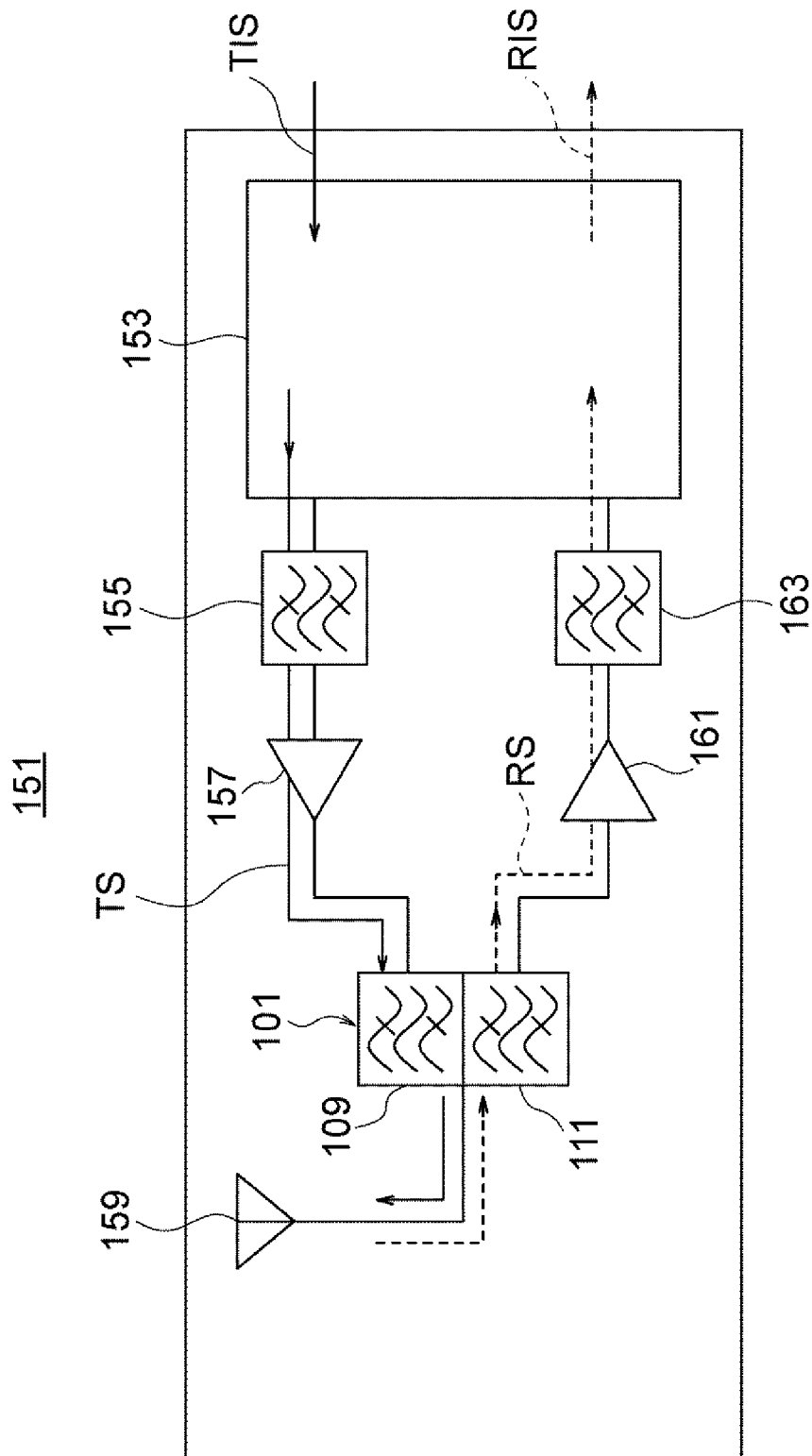
[図16A]



[図16B]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/031584

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER | | |
|--|---|---|
| <i>H03H 9/145</i> (2006.01)i; <i>H03H 9/25</i> (2006.01)i FI: H03H9/145 Z; H03H9/25 C | | |
| 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; 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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021 | | |
| 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. |
| Y | JP 2012-257019 A (MURATA MANUFACTURING CO.) 27 December 2012 (2012-12-27) paragraphs [0002], [0025]-[0044], [0059]-[0084], fig. 1-8, 12-15 | 1-11 |
| Y | WO 2018/003338 A1 (MURATA MANUFACTURING CO.) 04 January 2018 (2018-01-04) paragraphs [0039]-[0040], [0061]-[0064], fig. 4, 10-13 | 1-11 |
| Y | WO 2020/100949 A1 (KYOCERA CORP.) 22 May 2020 (2020-05-22) paragraphs [0048]-[0054], fig. 3 | 1-11 |
| A | JP 2007-312164 A (HITACHI, LTD.) 29 November 2007 (2007-11-29) paragraphs [0016]-[0029], fig. 1-3 | 1-11 |
| A | WO 2019/065666 A1 (MURATA MANUFACTURING CO.) 04 April 2019 (2019-04-04) paragraphs [0014]-[0044], fig. 1-2 | 1-11 |
| A | WO 2020/116528 A1 (MURATA MANUFACTURING CO.) 11 June 2020 (2020-06-11) paragraphs [0014]-[0049], fig. 1-3 | 1-11 |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 26 October 2021 | | Date of mailing of the international search report 09 November 2021 |
| Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan | | Authorized officer Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/031584

| Patent document cited in search report | | | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|--|-------------|----|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| JP | 2012-257019 | A | 27 December 2012 | (Family: none) | |
| WO | 2018/003338 | A1 | 04 January 2018 | US 2019/0131954 A1 paragraphs [0058]-[0059], [0077]-[0080], fig. 4, 10-13 CN 109328431 A | |
| WO | 2020/100949 | A1 | 22 May 2020 | (Family: none) | |
| JP | 2007-312164 | A | 29 November 2007 | US 2007/0267942 A1 paragraphs [0044]-[0058], fig. 1-3 | |
| WO | 2019/065666 | A1 | 04 April 2019 | US 2020/0220518 A1 paragraphs [0035]-[0065], fig. 1-2 KR 10-2020-0036016 A CN 111149294 A | |
| WO | 2020/116528 | A1 | 11 June 2020 | (Family: none) | |

| | | |
|--|--|----------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H03H 9/145(2006.01)i; H03H 9/25(2006.01)i FI: H03H9/145 Z; H03H9/25 C | | |
| 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）） H03H9/145; 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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 |
| Y | JP 2012-257019 A (株式会社村田製作所) 27.12.2012 (2012-12-27) [0002], [0025]-[0044], [0059]-[0084], 図1-図8, 図12-図15 | 1-11 |
| Y | WO 2018/003338 A1 (株式会社村田製作所) 04.01.2018 (2018-01-04) [0039]-[0040], [0061]-[0064], 図4, 図10-図13 | 1-11 |
| Y | WO 2020/100949 A1 (京セラ株式会社) 22.05.2020 (2020-05-22) [0048]-[0054], 図3 | 1-11 |
| A | JP 2007-312164 A (株式会社日立製作所) 29.11.2007 (2007-11-29) [0016]-[0029], 図1-図3 | 1-11 |
| A | WO 2019/065666 A1 (株式会社村田製作所) 04.04.2019 (2019-04-04) [0014]-[0044], 図1-図2 | 1-11 |
| A | WO 2020/116528 A1 (株式会社村田製作所) 11.06.2020 (2020-06-11) [0014]-[0049], 図1-図3 | 1-11 |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 26.10.2021 | 国際調査報告の発送日 09.11.2021 | |
| 名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 権限のある職員（特許庁審査官） ▲高▼橋 徳浩 5W 4877 電話番号 03-3581-1101 内線 3576 | |

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2021/031584

| 引用文献 | 公表日 | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|-------------------|------------|---|-----|
| JP 2012-257019 A | 27.12.2012 | (ファミリーなし) | |
| WO 2018/003338 A1 | 04.01.2018 | US 2019/0131954 A1 [0058]-[0059], [0077]- [0080], 図4, 図10-図13 CN 109328431 A | |
| WO 2020/100949 A1 | 22.05.2020 | (ファミリーなし) | |
| JP 2007-312164 A | 29.11.2007 | US 2007/0267942 A1 [0044]-[0058], 図1-図3 | |
| WO 2019/065666 A1 | 04.04.2019 | US 2020/0220518 A1 [0035]-[0065], 図1-図2 KR 10-2020-0036016 A CN 111149294 A | |
| WO 2020/116528 A1 | 11.06.2020 | (ファミリーなし) | |