

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2008年10月23日 (23.10.2008)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2008/126473 A1

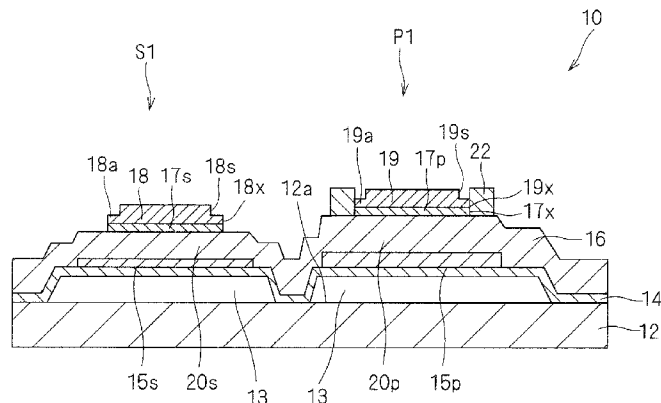
- (51) 国際特許分類: *H03H 9/54* (2006.01) *H01L 41/22* (2006.01)  
*H01L 41/09* (2006.01) *H03H 9/17* (2006.01)  
*H01L 41/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/052770
- (22) 国際出願日: 2008年2月19日 (19.02.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2007-103531 2007年4月11日 (11.04.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 梅田 圭一 (UMEDA, Keiichi) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社 村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 山本 俊則 (YAMAMOTO, Toshinori); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満4丁目4番12号 近藤ビル810 Osaka (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, 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,

[ 続葉有 ]

(54) Title: PIEZOELECTRIC THIN FILM FILTER

(54) 発明の名称: 圧電薄膜フィルタ

[図2]



(57) Abstract: A piezoelectric thin film filter where insertion loss and deterioration of sharpness of a shoulder are suppressed and ripples in a pass band can be suppressed is provided. In first and second vibration parts (20s) and (20p), a piezoelectric thin film (16) is arranged between a pair of electrodes (15s) and (17s); (15p) and (17p) along one main face (12a) of a substrate (12), and they are acoustically separated from the substrate (12). A first resonator (S1) is brought into contact with one electrode (17s) forming not less than a half of whole length of an outer periphery of the first vibration part (20s) if it is viewed from a thickness direction and an additional film (22) is arranged outside. In a second resonator (P1), an outer shape of the second vibration part (20p) is polygonal and respective sides of a polygon are nonparallel to the other sides if viewed from the thickness direction.

(57) 要約: 挿入損失や肩のキレの劣化を抑えるとともに、通過帯域内のリップルを抑制することができる圧電薄膜フィルタを提供する。第1及び第2の振動部20s; 20pは、基板12の一方主面12aに沿って一対の電極15s, 17s; 15p, 17pの間に圧電薄膜16が配置され、基板12から音響的に分

[ 続葉有 ]

WO 2008/126473 A1



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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

離されている。第1の共振子S1は、厚み方向から見たときに、第1の振動部20sの外周の全長の半分以上を形成する一方の電極17sに接して外側に、付加膜22が配置されている。第2の共振子P1は、厚み方向から見たときに、第2の振動部20pの外形が多角形であり、該多角形の各辺が他のいずれの辺とも非平行である。

## 明 細 書

### 圧電薄膜フィルタ

#### 技術分野

[0001] 本発明は圧電薄膜フィルタに関し、詳しくは、一对の電極の間に圧電薄膜が挟まれた振動部が基板から音響的に分離して支持されている圧電薄膜フィルタに関する。

#### 背景技術

[0002] 従来、一对の電極の間に圧電薄膜が挟まれた振動部が基板から音響的に分離して支持されている圧電薄膜フィルタの特性を改善するため、種々の構成が提案されている。

[0003] 例えば、特許文献1には、図27の平面図に示すように、厚み方向から見た振動部100の外形が非方形の不規則な形状となるように電極を形成することにより、横共振モードにより生じた不規則振動を抑制することが提案されている。

[0004] 特許文献2には、図28の平面図に示すように、厚み方向から見た振動部110の形状が略多角形となり、この略多角形の各辺が、三角波、矩形波、正弦波など、湾曲又は折れ曲がりを繰り返す波状となるように、電極114;116の外周114a;116a, 116s, 116tを波状に形成することにより、スプリアスを抑制することが提案されている。

[0005] また、特許文献3には、図29の平面図に示すように、フィルタを構成する全ての共振子のアスペクト比が各々異なるように設定して、フィルタのリップルを抑制することが提案されている。

特許文献1:特開2000-332568号公報

特許文献2:国際公開第2006/129532号パンフレット

特許文献3:米国特許出願公開第2003/0227366号明細書

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1のように振動部形状を非対称な形状にして、発生したラム波を振動部内で消散させる場合、損失が発生することが免れず、共振子の特性は劣る。よって、フィルタ特性において、挿入損失が大きくなり、フィルタの肩のキレの急峻性が劣る。

[0007] また、特許文献2のように振動部の縁取りを周期的な波状にして、発生したラム波を振動部内で消散させる場合、損失が発生することが免れず、共振子の特性は劣る。よって、フィルタ特性において、挿入損失が大きくなり、フィルタの肩のキレの急峻性が劣る。

[0008] また、特許文献3のように共振子のアスペクト比が各々異なるようにする場合、平面形状が矩形形状である共振子のスプリアスは非常に大きく、アスペクト比を変えた程度ではリップルを抑制することができない。

[0009] 本発明は、かかる実情に鑑み、挿入損失や肩のキレの劣化を抑えるとともに、通過帯域内のリップルを抑制することができる圧電薄膜フィルタを提供しようとするものである。

#### 課題を解決するための手段

[0010] 本発明は、上記課題を解決するために、以下のように構成した圧電薄膜フィルタを提供する。

[0011] 圧電薄膜フィルタは、(a)1つの基板と、(b)前記基板の一方主面に沿って一対の電極の間に圧電薄膜が配置されかつ前記基板から音響的に分離されている第1及び第2の振動部とを備える。圧電薄膜フィルタは、前記第1の振動部を含む第1の共振子と前記第2の振動部を含む第2の共振子とにより、フィルタが構成されている。前記第1の共振子は、厚み方向から見たときに、前記第1の振動部の外周の全長の半分以上を形成する一方の前記電極に接して外側に配置されている付加膜を含む。前記第2の共振子は、厚み方向から見たときに、前記第2の振動部の外形が多角形であり、該多角形の各辺が他のいずれの辺とも非平行である。

[0012] 上記構成において、第1の振動部と付加膜とを含む第1の共振子は、共振周波数以下にスプリアスが残り、フィルタ通過帯域内でのリップルが大きい。不規則あるいは非対称な平面形状の第2の振動部を含む第2の共振子は、挿入損失が大きくなり、フィルタの肩のキレの急峻性が劣る。

[0013] 上記構成によれば、第1の共振子と第2の共振子とを組み合わせることによって、挿入損失や肩のキレの劣化を抑えるとともに、通過帯域内のリップルを抑制することができる。

- [0014] また、本発明は、上記課題を解決するために、以下のように構成した圧電薄膜フィルタを提供する。
- [0015] 圧電薄膜フィルタは、(a) 1つの基板と、(b) 前記基板の一方主面に沿って一对の電極の間に圧電薄膜が配置されかつ前記基板から音響的に分離されている第1及び第2の振動部とを備える。圧電薄膜フィルタは、前記第1の振動部を含む第1の共振子と前記第2の振動部を含む第2の共振子とによりフィルタが構成されている。前記第1の共振子は、厚み方向から見たときに、前記第1の振動部の外周の全長の半分以上を形成する一方の前記電極に接して外側に配置されている付加膜を含む。前記第2の共振子は、厚み方向から見たときに、前記第2の振動部の外形が略多角形であり、該略多角形の各辺が湾曲又は折れ曲がりを繰り返す波状である。
- [0016] 上記構成において、第1の振動部と付加膜とを含む第1の共振子は、共振周波数以下にスプリアスが残り、フィルタ通過帯域内でのリップルが大きい。波状に縁取られた第2の振動部を含む第2の共振子は、挿入損失が大きくなり、フィルタの肩のキレの急峻性が劣る。
- [0017] 上記構成によれば、第1の共振子と第2の共振子とを組み合わせることによって、挿入損失や肩のキレの劣化を抑えるとともに、通過帯域内のリップルを抑制することができる。
- [0018] 上記各構成の圧電薄膜フィルタは、具体的には、以下のように構成することができる。
- [0019] 好ましくは、前記第1の共振子は、特性インピーダンスが相対的に小さい。前記第2の共振子は、特性インピーダンスが相対的に大きい。
- [0020] この場合、特性インピーダンスが相対的に小さい第1の共振子と、特性インピーダンスが相対的に大きい第2の共振子とを組み合わせることにより、特性がより優れた圧電薄膜フィルタを得ることが可能となる。
- [0021] 好ましくは、前記第1の共振子は、特性インピーダンスが相対的に小さい。前記第2の共振子は、特性インピーダンスが相対的に大きい。前記第2の共振子の少なくとも1つが、直列接続された複数の前記第1の共振子に置き換えられている。
- [0022] この場合、少なくとも1つの第2の共振子を、第2の共振子よりもスプリアスが小さい

第1の共振子に置き換えることにより、低挿入損失と急峻な肩のキレの両方を実現する圧電薄膜フィルタを得ることができる。また、共振子にかかる電力が小さくなるため、耐電力性に優れる。

[0023] 好ましくは、前記第1の共振子は、共振周波数が相対的に低い。前記第2の共振子は、共振周波数が相対的に高い。

[0024] この場合、第1の共振子は共振周波数が相対的に高く、第2の共振子は共振周波数が相対的に低い場合よりも、特性がよい圧電薄膜フィルタが得られる。

[0025] 好ましくは、厚み方向から見たとき、前記第1の振動部及び前記第2の振動部の少なくとも一方に重なり、当該振動部の外縁の少なくとも一部分に沿って段差部が形成され、該段差部と当該振動部の前記外縁と間の厚さが他の部分の厚さよりも小さい段差形成膜をさらに備えている。

[0026] この場合、段差形成膜を備えることによって、スプリアスを改善することができる。

[0027] 好ましくは、厚み方向から見たとき、フィルタを構成する共振子のうち特性インピーダンスが相対的に高い共振子の前記振動部のみに重なり、前記振動部の外縁の少なくとも一部分に沿って段差部が形成され、該段差部と前記振動部の前記外縁と間の厚さが他の部分の厚さよりも小さい段差形成膜をさらに備えている。

[0028] フィルタを構成する共振子は特性インピーダンスが高くなるとスプリアスが問題となるので、段差形成膜を備えることによって、スプリアスを改善することができる。

### 発明の効果

[0029] 本発明の圧電薄膜フィルタは、挿入損失や肩のキレの劣化を抑えるとともに、通過帯域に内のリップルを抑制することができる。

### 図面の簡単な説明

[0030] [図1]圧電薄膜フィルタの回路図である。(実施例1)

[図2]圧電薄膜フィルタの断面図である。(実施例1)

[図3]圧電薄膜フィルタの透視図である。(実施例1)

[図4]共振特性を示すグラフである。(比較例A、B)

[図5]フィルタ特性を示すグラフである。(比較例1)

[図6]フィルタ特性を示すグラフである。(比較例2)

- [図7]圧電薄膜フィルタの回路図である。(実施例3)
- [図8]共振子の配置を示すレイアウト図である。(実施例3)
- [図9]共振子のスミスチャートである。(比較例4)
- [図10]共振子の構成の説明図である。(実施例4)
- [図11]圧電薄膜フィルタの回路図である。(参考例)
- [図12]圧電薄膜フィルタのレイアウト図である。(参考例)
- [図13]圧電薄膜フィルタの回路図である。(実施例4)
- [図14]圧電薄膜フィルタのレイアウト図である。(実施例4)
- [図15]共振子の透視図である。(実施例5)
- [図16]共振子の透視図である。(実施例6)
- [図17]圧電薄膜フィルタの回路図である。(実施例7)
- [図18]圧電薄膜フィルタの断面図である。(実施例7)
- [図19]共振子のスミスチャートである。(参考例1)
- [図20]共振子のスミスチャートである。(参考例2)
- [図21]圧電薄膜フィルタのレイアウト図である。(実施例7)
- [図22]圧電薄膜フィルタのレイアウト図である。(実施例8)
- [図23]圧電薄膜フィルタの断面図である。(実施例9)
- [図24]DPXの構成を示す回路図である。(実施例10)
- [図25]DPXの構成を示す回路図である。(実施例11)
- [図26]DPXの構成を示す回路図である。(実施例12)
- [図27]圧電薄膜フィルタの断面図である。(従来例1)
- [図28]圧電薄膜フィルタの断面図である。(従来例2)
- [図29]圧電薄膜フィルタの断面図である。(従来例3)

#### 符号の説明

- [0031] 10 圧電薄膜フィルタ
- 12 基板
- 12a 上面(一方主面)
- 12k, 12s, 12t 空洞

- 13 空隙
- 14 支持膜
- 15, 15s, 15t 下部電極
- 16 圧電薄膜
- 17, 17s, 17t 上部電極
- 18, 19 周波数調整膜(段差形成膜)
- 18a, 19a 周縁部
- 18k, 18s, 19s 段差部
- 20, 20s, 20p 振動部
- 22 付加膜
- 30 低音響インピーダンス層
- 32 低音響インピーダンス層
- S1～S4 直列共振子
- P1～P3 並列共振子

#### 発明を実施するための最良の形態

[0032] 以下、本発明の実施の形態として実施例1～12について、図1～図26を参照しながら説明する。

[0033] <実施例1> 実施例1の圧電薄膜フィルタ10について、図1～図6を参照しながら説明する。

[0034] 実施例1の圧電薄膜フィルタ10は、図1の回路図に示すよう、直列共振子S1と並列共振子P1とにより構成されるラダー(梯子)型フィルタを1段又は2段以上備える。すなわち、図1の1段を基本構成として、スペックを満たすように、必要に応じて複数段がカスケード接続される。また、共振子に直列にインダクタを接続してもよい。

[0035] 直列共振子S1と並列共振子P1とは、図2の断面図に示すように構成されている。基板12の一方主面である上面12aに、支持層14、下部電極15s;15p、圧電薄膜16、上部電極17s;17p、周波数調整膜18;19、付加膜22が積層されている。上部電極17s;17pと下部電極15s;15pとの間に圧電薄膜16が挟み込まれている振動部20s;20pとその周囲は、空隙13を介して基板12から離れており、音響的に分離され



ている。共振子S1, P1は、振動部20s;20pにおける圧電薄膜16の厚み振動を利用する圧電薄膜共振子である。空隙13は、基板12の上面12aに犠牲層を形成し、その上に共振子S1, P1を形成した後、犠牲層を除去することによって、形成することができる。

- [0036] 圧電薄膜15には、AlNやZnO、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、PZT、水晶、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ などを用いる。上部電極17s;17p及び下部電極15s;15pは、Al、Pt、Au、Mo、W、Ti、Cr、Ruなどの導電材料の電極膜及びその多層膜である。
- [0037] 周波数調整膜18;19は、上部電極17s;17pの上にものみ形成されており、所望の振動周波数を得るため、必要に応じて厚さが調整される。周波数調整膜18;19には、 $\text{SiO}_2$ 、SiNが望ましいが、他の絶縁材料や導電材料でも構わない。周波数調整膜18;19は、外周18x;19xに沿って内側に段差部18s;19sが形成されており、段差部18s;19sよりも外側の周縁部18a;19aは、他の部分よりも厚さが小さい。周縁部18a;19aは、ラム波によるスプリアス振動を抑制するように最適な膜厚と幅に調整されている。
- [0038] 直列共振子S1と並列共振子P1とは、厚み方向から見た透視図である図3に示すように、上部電極17s;17p及び下部電極15s;15pの構成が異なる。
- [0039] すなわち、直列共振子S1の上部電極17sと下部電極15sとは、図3(a-1)に示すように、重なり合って振動部20sの外周を構成する上部電極17sと下部電極15sとの外周の一部が、湾曲又は折れ曲がりを繰り返す波状(例えば、三角波、矩形波、正弦波)に形成されている。振動部20sの形状は、正方形・長方形などの矩形に限らず、略多角形や、真円以外の略楕円などの形状としてもよい。
- [0040] 図3(a-2)に示すように、振動部20sの平面形状が不規則な多角形状、すなわち各辺が他のいずれの辺とも非平行である多角形の場合には、振動部20sの外周を構成する上部電極17sと下部電極15sとの外周の一部を波状に形成しない。
- [0041] 上述した直列共振子S1のような構成を「タイプA」と呼ぶ。タイプAの共振子は、第2の共振子である。
- [0042] 一方、並列共振子P1の上部電極17pと下部電極15pとは、図3(b-1)及び(b-2)に示すように、重なり合って振動部20pの外周を構成する上部電極17pと下部電極

15pとの外周の一部分は線状に形成されており、波状には形成されていない。

[0043] 振動部20pの形状は、レイアウトが容易になり、小型化が容易になるという点では、図3(b-1)に示した長方形や、図3(b-2)に示した正方形の矩形が望ましく、特に黄金比(約1:1.6の長短辺比)の長方形が望ましい。もともと、振動部20pの形状は矩形に限らず、多角形や円形、楕円形など、任意の形状にすることができる。

[0044] 図3に示すように、振動部20s, 20p及びその近傍部分では、下部電極15s, 15pが上部電極17s, 17pよりも広がっている。すなわち、振動部20s, 20pの外周の全長の半分以上が、上部電極17s, 17pの外周によって形成されている。振動部20s, 20pの周囲において、下部電極15s, 15pが上部電極17pよりも外側に広がる付加膜領域21s, 21pの幅は10 $\mu$ m以上が好ましい。

[0045] 並列共振子P1については、付加膜領域21pに対応して、図2に示すように付加膜22が配置されている。付加膜22は、並列共振子P1の上部電極17p及び周波数調整膜19の外周17x, 19xに接している。付加膜22は、厚み方向から透視すると、振動部20pに接して上部電極17pの上にも形成され、振動部20pの全周を取り囲むように形成してもよい。付加膜22には絶縁膜を用いる。付加膜22は、ラム波によるスプリアス振動を抑制し、かつエネルギー閉じ込めを達成するように、最適な膜厚に調整されている。付加膜は、厚み方向から透視したとき空隙の外側まで伸びているように形成すると、振動部で発生した熱を、付加膜を介して空隙の外側に効率よく伝達して、放熱性を高めることができる。

[0046] 上述した並列共振子P1のような構成を「タイプB」と呼ぶ。タイプBの共振子は、第1の共振子である。

[0047] 図3において、周波数調整膜18, 19の段差部18s, 19sを点線で示している。周波数調整膜18, 19は、振動部20s, 20pと完全に重なるように形成されている。

[0048] タイプA, Bの共振子は、フォトリソプロセスに用いるフォトマスクにおいて、その形状を決めておき、各層を順に形成した後、タイプBの共振子の部分に付加膜22を形成するとき、タイプAの共振子の部分については付加膜22を形成しなければよい。タイプA, Bの共振子を組み合わせたフィルタは、タイプBの共振子のみで構成したフィルタを製造する場合と同じ工程で製造することができ、特段の工程追加がない。

[0049] 次の表1に、共振子の膜構成を示す。

[表1]

膜厚(nm)	直列共振子(S1)	並列共振子(P1)
周波数調整膜 SiO <sub>2</sub>	100nm	100nm
段差エッチング量	20nm	20nm
付加膜 AlN	0	680
上部電極(Ti/Pt/Au/Pt/Ti)	10/10/60/30/10	10/10/60/30/10
AlN	1580	1580
下部電極(Ti/Pt/Au/Pt/Ti)	10/30/60/10/10	10/50/60/10/10
SiO <sub>2</sub>	100	100
共振周波数	1880	1822
容量1pF相当面積(μm <sup>2</sup> )	18000	18000

すなわち、支持膜14として厚さ100nmのSiO<sub>2</sub>膜を形成し、下部電極15s, 15pとして厚さTi, Pt, Au, Pt, Tiを順に成膜し、圧電薄膜16としてAlN膜を形成し、上部電極17s, 17pとしてTi, Pt, Au, Pt, Tiを順に成膜し、周波数調整膜18, 19として全体に厚さ100nmのSiO<sub>2</sub>を積層した後、周縁部18a, 19aに対応して厚さ20nm分をエッチングにより除去する。直列共振子S1と並列共振子P1は、下部電極15s, 15pのPt及びAuの膜厚が異なる。

[0050] 実施例1の圧電薄膜フィルタ10では、特性インピーダンスが相対的に大きい共振子にタイプAの共振子を用い、相対的に小さい共振子にタイプBの共振子を用いる。

[0051] 特性インピーダンス $Z(\Omega)$ は、共振周波数 $f_s$ (Hz)、上部電極と下部電極が圧電薄膜を介して重なり合っている振動部により決定される共振子容量 $C_0$ (F)を用いて、次の式(1)によって求められる。

$$Z=1/(2 \times \pi \times f_s \times C_0) \dots (1)$$

[0052] 換言すると、共振子容量が相対的に小さい共振子にタイプAの共振子を用い、相対的に大きい共振子にタイプBの共振子を用いる。

[0053] 大小を分ける基準値は動作周波数によって異なる。表1の2GHz帯の共振子では、共振子容量では1.2pF、特性インピーダンスでは70Ωが、大小を分ける基準値となる。

- [0054] 表1の直列共振子S1は、共振子容量が1.2pFよりも小さく、特性インピーダンスは70Ωよりも大きく、タイプAの共振子であり、振動部20sの平面形状は図3(a-2)に示した非対称な多角形である。並列共振子P1は、共振子容量が1.2pFよりも大きく、特性インピーダンスは70Ωよりも小さく、タイプBの共振子であり、振動部20pの平面形状は、図3(b-2)に示した正方形である。
- [0055] 共振子容量が相対的に小さい共振子(直列共振子S1)にタイプAの共振子を用い、相対的に大きい共振子(並列共振子P1)にタイプBの共振子を用いることによって、通過帯域内のリップルが小さく、通過帯域全域にわたって挿入損失が小さいフィルタをコストアップなしに実現できる。
- [0056] 図4に、比較例A、Bのフィルタの共振特性を示す。グラフは、インピーダンス曲線と、スミスチャートである。比較例Aは1段のラダー型フィルタであり、直列共振子と並列共振子の両方に、共振子容量が同じであり、振動部の平面形状が図3(a-2)に示した非対称な多角形であるタイプAの共振子を用いている。比較例Bは1段のラダー型フィルタであり、直列共振子と並列共振子の両方に、共振子容量が同じであり、振動部の平面形状が図3(b-2)に示した正方形であるタイプBの共振子を用いている。
- [0057] 図4から、タイプA、Bの共振子について、次のような特徴が分かる。
- [0058] 比較例Aから、タイプAの共振子は、共振・反共振点の近傍でのスプリアスが非常に小さい。比較例Bから、タイプBの共振子は、共振子容量が小さい場合(0.8pF)には、共振周波数以下に大きなスプリアスがある。一方、共振子容量が大きい場合(1.6pF)には、共振・反共振点の近傍でのスプリアスが非常に小さい。タイプBの共振子(比較例2)に比べて、タイプAの共振子(比較例A)は反共振Q値が小さい。タイプA、Bの共振子は、実効的電気機械結合係数(すなわち、共振周波数と反共振周波数との差)がほぼ等しい。
- [0059] 共振子の共振抵抗と反共振抵抗の差が大きいほど、共振子のQ値が高く、低挿入損失で、キレのよいフィルタを実現できる。また、共振子における共振・反共振点近傍のスプリアスはフィルタにおける通過帯域内のリップルとなるため、最小に抑える必要がある。
- [0060] 一方、共振子容量1.6pFのタイプBの共振子を用いてフィルタを構成することがで

できれば、良好な特性を持ったフィルタを作製できるが、通過帯域外での減衰量といったスペックを満足するには、様々な大小の共振子容量値をもった共振子を組み合わせることでフィルタを作製する必要がある。

[0061] 図5は、共振子容量が1.6pFの共振子を組み合わせることで1段のラダー型フィルタを構成した比較例1のフィルタ特性を示す。図中、符号AはタイプAの共振子のみを用いた場合(ケースA)、符号BはタイプBの共振子のみを用いた場合(ケースB)、符号Cは並列共振子にタイプAの共振子、直列共振子にタイプBの共振子を用いた場合(ケースC)である。図5から、ケースB、Cのリップル、挿入損失は同程度であることが分かる。

[0062] 図6は、共振子容量が0.8pFの共振子を組み合わせることで1段のラダー型フィルタを構成した比較例2のフィルタ特性を示す。符号AはタイプAの共振子のみを用いた場合(ケースA)、符号BはタイプBの共振子のみを用いた場合(ケースB)、符号Cは並列共振子にタイプAの共振子、直列共振子にタイプBの共振子を用いた場合(ケースC)である。図6から、ケースCは最もリップルが小さく、挿入損失が小さいことが分かる。

[0063] 図4及び図5より、反共振Q値が大きいタイプBの共振子を使ってフィルタを構成することで、最良のフィルタ特性が得られるわけではなく、スプリアス特性を考慮して、適宜、タイプAの共振子を使うことによって、最良のフィルタ特性が得られることが分かる。

[0064] 実施例1のように、共振子容量が基準値より小さい共振子(直列共振子S1)にタイプAの共振子を用い、基準値より大きい共振子(並列共振子P1)にタイプBの共振子を用いることによって、通過帯域内のリップルが小さく、通過帯域全域にわたって挿入損失が小さいフィルタをコストアップなしに実現できる。

[0065] <実施例2> 実施例2のフィルタは、実施例1のフィルタと同様に、タイプA、Bの共振子を組み合わせることで構成された1段又は複数段のラダー型フィルタである。

[0066] 振動部の平面形状が図3(a-2)に示した非対称な多角形であるタイプAの共振子と、振動部の平面形状が図3(b-2)に示した正方形であるタイプBの共振子を用いている。実施例1と同様に、共振子容量が基準値(1.2pF)より小さい直列共振子S1

にタイプAの共振子を用い、共振子容量が基準値(1.2pF)より大きい並列共振子P1にタイプBの共振子を用いる。

[0067] 実施例2のフィルタは、次の表2に示すように、共振子の膜構成が実施例1とは異なる。

[表2]

膜厚(nm)	直列共振子(S1)	並列共振子(P1)
周波数調整膜 SiO <sub>2</sub>	100nm	100nm
段差エッチング量	20nm	20nm
付加膜 AlN	0	900
上部電極(Ti/Pt/Au/Pt/Ti)	10/10/80/70/10	10/10/80/70/10
AlN	1135	1135
下部電極(Ti/Pt/Au/Pt/Ti)	10/70/80/10/10	10/95/80/10/10
SiO <sub>2</sub>	100	100
共振周波数	1880	1822
容量1pF相当面積(μm <sup>2</sup> )	13000	13000

実施例2は、実施例1と同様に、通過帯域内のリップルが小さく、通過帯域全域にわたって挿入損失が小さいフィルタをコストアップなしに実現できる上、実施例1の構造よりも共振子容量1pFの共振子を作成するのに必要な面積が27%削減されるため、素子の小型化が実現できる。また、励振領域の面積が小さくて済むため、振動部の中心で発生した熱が放熱膜部へ到達するまでの距離が短く、放熱性に優れ、耐電力性に優れる。

[0068] <実施例3> 実施例3のフィルタについて、図7及び図8を参照しながら説明する。

[0069] 図7の回路図に示すように、実施例3のフィルタは、直列共振子S1～S4と並列共振子P1～P3とにより構成された3段のラダー型フィルタである。実施例1のフィルタと同様に、タイプA、Bの共振子を組み合わせることで3段のラダー型フィルタが構成されている。すなわち、振動部の平面形状が図3(a-2)に示した非対称な多角形であるタイプAの共振子と、振動部の平面形状が図3(b-2)に示した正方形であるタイプBの共振子を用いている。

- [0070] 各共振子S1～S4, P1～P3は、図8のレイアウト図に示すように配置されている。共振子S1～S4, P1～P3の振動部形状は特に、正方形や黄金比(約1:1.6の長短辺比)を持った長方形で組み合わせると無駄な領域が省け、フィルタ全体の面積が小さくできる。
- [0071] 次の表3に示すように、フィルタを構成する共振子のうち、基準値(1.2pF)よりも共振子容量の小さい共振子S2及びS3にタイプAの共振子を用い、基準値(1.2pF)よりも共振子容量の大きい共振子S1、P1～P3にタイプBの共振子を用いる。

[表3]

	S1	S2	S3	S4	P1	P2	P3
共振子タイプ	B	A	A	B	B	B	B
容量 (pF)	1.7	1.1	1.1	1.7	2.2	1.7	2.2
面積 ( $\mu\text{m}^2$ )	30300	19600	19600	30300	39300	30300	39300

タイプAの共振子を採用するかどうか、タイプAの共振子をいくつ用いるか、タイプAの共振子をどの共振子容量の共振子に適用するかは、要求されるフィルタスペックにおけるリップル基準を満足するかどうかで判断する。つまり、なるべくタイプAの共振子の数を減らしつつ、スペックを満足させることが望ましい。

- [0072] 共振子の膜構成、膜厚は、実施例1、2で示した表1、2に記載のものなどを用いる。
- [0073] 実施例3は、実施例1と同様に、通過帯域内のリップルが小さく、通過帯域全域にわたって挿入損失が小さいフィルタをコストアップなしに実現できる。
- [0074] <実施例4> 実施例4のフィルタについて、図9～図14を参照しながら説明する。
- [0075] 図9は、タイプAの共振子の共振特性の関係を示すグラフである。共振子の容量が小さい場合(1.0pF)には、周波数調整膜に段差を形成してもスプリアスが大きくなるが、共振子の容量が大きい場合(2.0pF)には、スプリアスが小さくなる。
- [0076] このように容量の大きい共振子ほどスプリアスが小さいという特徴を利用して、同じ容量となるように、図10(a)に示す容量の小さいタイプAの共振子Sを、図10(b)に示す容量の大きいタイプBの共振子S<sub>x</sub>の直列接続に置き換えると、スプリアスが小さくなる。

[0077] この場合、共振子が増えることによってフィルタのサイズが大きくなるため、特に電力が最も集中する共振子についてのみ共振子の分割を行ってタイプBの共振子を用い、他はフィルタのリプル特性がスペックを満足する範囲内まで、容量の小さい共振子に対してタイプAの共振子を用いるとよい。

[0078] 一例として、このような置き換えを、図12にレイアウト図、図13に回路図を示す参考例のフィルタに適用する。容量の小さい共振子S2を、図13の回路図及び図14のレイアウト図に示すように、直列接続した2つの共振子S2xに分割する。2分割することで、共振子1個あたりの消費電力は半分になる。

[0079] このフィルタは、DPX(デュプレクサ)を構成するTxフィルタに用いる。膜構成は、実施例1の表1を用いる。実施例2の表2の膜構成を用いても構わない。

[0080] 各共振子の容量と面積は、次の表4の通りである。

[表4]

	S1	S2	S3	S4	P1	P2	P3
共振子タイプ	B	B	B	B	B	B	B
容量 (pF)	2.5	1.1	2.1	3.2	1.9	1.7	2.1
面積 ( $\mu\text{m}^2$ )	44700	19700	37600	57250	34000	30400	37600

各共振子の容量と面積は、次の表5の通りである。共振子S2xの1つあたりの容量は2.2pFである。

[表5]

	S1	S2x	S3	S4	P1	P2	P3
共振子タイプ	B	B	B	B	B	B	B
容量 (pF)	2.5	2.2*2pc	2.1	3.2	1.9	1.7	2.1
面積 ( $\mu\text{m}^2$ )	44700	39400	37600	57250	34000	30400	37600

実施例4のフィルタは、フィルタ面積が増加し、コストアップにつながるが、共振子のQ値が悪いタイプAの共振子を用いずにフィルタを構成できるため、低挿入損失と急峻な肩のキレの両方を実現できる。また、共振子を分割することにより、共振子にかか



る電力が小さくなるため、耐電力性に優れる。

[0081] <実施例5> タイプAの共振子の構成について、図15を参照しながら説明する。

[0082] 図15は、タイプAの共振子を膜厚方向に見た透視図である。タイプAの共振子の上部電極17と下部電極15とが重なる振動部20の平面形状は、図15(a)及び(b)に示すように、正方形、長方形、不規則な矩形とすることができるほか、図15(c)に示すように真円以外の略楕円形状、図15(d)及び(e)に示すように五角形、六角形などの多角形とすることができる。なお、図中の破線は、周波数調整膜の段差部である。

[0083] このような構成のタイプAの共振子は、共振・反共振点の近傍でのスプリアスが非常に小さい共振子特性が得られる。したがって、フィルタを構成する共振子のうち、フィルタのリプル特性がスペックを満足する範囲内まで、容量の小さい共振子に対して、図15に示したような平面形状をもつタイプAの共振子を用いると良い。

[0084] <実施例6> タイプA又はタイプBの共振子の周波数調整膜に形成する段差部の形状について、図16を参照しながら説明する。

[0085] 図16は、タイプBの共振子を厚み方向から見た透視図である。周波数調整膜は、上部電極17と下部電極15とが重なっている振動部20に完全に重なるように形成され、周波数調整膜には破線で示した段差部が形成されている。周波数調整膜は、段差部より外側の厚みが他の部分よりも小さい。

[0086] 段差部は、図15(a)に示すように、周波数調整膜の外周を構成する全ての辺に沿って、あるいは、図15(b)、(c)、(d)、(f)に示すように、周波数調整膜の外周を構成する辺のうちのいくつかの辺に沿って、連続的に形成しても、図15(e)、(g)に示すように、周波数調整膜の外周を構成する辺に沿って部分的に形成してもよい。

[0087] タイプAの共振子についても同様に、周波数調整膜の外周を構成する辺に沿って連続的又は部分的に段差部を形成する。

[0088] タイプA又はタイプBの共振子の周波数調整膜に段差部を設けることによって、共振周波数以下のスプリアスが抑制できる。段差部が形成されたタイプA又はタイプBの共振子は、フィルタのリプル特性がスペックを満足する範囲内まで用いると良い。

[0089] <実施例7> 実施例7のフィルタについて、図17～図21を参照しながら説明する。実施例7のフィルタは、全ての共振子について周波数調整膜に段差が形成されて

いない。

[0090] 実施例7のフィルタは、実施例1～6と同様に、図17の回路図に示すように、直列共振子S1と並列共振子P1とにより構成されるラダー型フィルタを1段又は2段以上備える。

[0091] 実施例1～6と異なり、図18の断面図に示すように、全ての共振子S1, P1に対して、周波数調整膜18, 19に段差形成を行わない。すなわち、周波数調整膜18, 19は、中心から外周まで同じ厚さである。

[0092] 実施例7のフィルタの共振子の膜構成は、次の表6の通りである。

[表6]

膜厚(nm)	直列共振子(S1)	並列共振子(P1)
周波数調整膜 SiO <sub>2</sub>	100nm	100nm
段差エッチング量	なし	なし
付加膜 AlN	0	680
上部電極(Ti/Pt/Au/Pt/Ti)	10/10/60/30/10	10/10/60/30/10
AlN	1580	1580
下部電極(Ti/Pt/Au/Pt/Ti)	10/30/60/10/10	10/50/60/10/10
SiO <sub>2</sub>	100	100
共振周波数	1880	1822
容量1pF相当面積(μm <sup>2</sup> )	18000	18000

参考例1として、表3などに示した実施例3のフィルタの共振子をのうち、タイプBの共振子について、周波数調整膜に段差を形成したときと段差を形成しなかったときの共振特性(計算値)を、図19に示す。図19より、共振子の容量が大きいものは、段差が形成されていなくても、共振周波数以下のスプリアスが小さいことが分かる。

[0093] また、参考例2として、実施例3のフィルタの共振子をのうち、タイプAの共振子について、周波数調整膜に段差を形成したときと段差を形成しなかったときの共振特性(実測値)を図20に示す。

[0094] 実施例3のフィルタを構成する全ての共振子に対して周波数調整膜に段差を形成しない場合、図19において破線で囲んで示すように、段差無し・容量1.1pFのタイプBの共振子の特性は共振周波数以下にスプリアスが多く、フィルタ通過域内のリップルが大きい。一方、図20において破線で囲んで示すように、段差無し・容量1.1p

FのタイプAの共振子の特性は、スプリアスが小さい。よって、容量1.1pFの共振子に、タイプAの段差なしの共振子を用いることで、リップルが低減できる。

[0095] 実施例7のフィルタは、図21のレイアウト図に示すように、全ての共振子に対して段差形成を行わない点以外は、実施例3と略同様に構成する。図中の(無し)は、段差形成を行わないことを示している。

[0096] 実施例7では、通過帯域内のリップルが小さく、通過帯域全域にわたって挿入損失が小さいフィルタをコストアップなしに実現できる上、全部の共振子に対して周波数調整膜に段差形成を行わないため、段差形成の工程を削除でき、素子の低コスト化を実現できる。また、段差形成工程における、アライメントずれやエッチング量ずれといった、製造における精密なコントロールが必要な工程に起因する特性バラツキが低減でき、製造マージンが広がる。

[0097] <実施例8> 実施例8のフィルタについて、図22を参照しながら説明する。

[0098] 実施例8のフィルタは、実施例3、7と略同様に構成されている。ただし、実施例3、7と異なり、図22のレイアウト図に示すように、容量の小さいタイプAの共振子S2、S3にのみ、周波数調整膜に段差を形成している。図中の(有り)は、段差形成を行うことを示している。図中の(無し)は、段差形成を行わないことを示している。

[0099] 前述したように、タイプBの共振子は、容量が小さいと、段差形成を行っても共振周波数以下のスプリアスが大きい。そこで、容量の小さいタイプBの共振子をタイプAの共振子に変えることで、フィルタ内リップルが抑制される。

[0100] 一方、タイプBの共振子は、容量が大きいと、段差形成を行わなくても共振周波数以下のスプリアスが小さいため、フィルタのリップルに大きな影響を与えないと考えられ、段差形成をしないほうが製造ばらつきによる特性バラツキが減る。

[0101] 図20を見ると、容量の小さいタイプAの共振子は、段差形成をすることによって、共振周波数以下のスミスチャートが外周をほうような特性となり、明らかに損失が小さい(Q値が大きい)ことが分かる。

[0102] よって、容量の小さいタイプAの共振子にのみ段差形成を行うことで、大幅な特性改善が実現でき、実施例1と同様に、通過帯域内のリップルが小さく、通過帯域全域にわたって挿入損失が小さいフィルタをコストアップなしに実現できる。

- [0103] <実施例9> 共振子の振動部を基板から音響的に分離する構成について、図23の断面図を参照しながら説明する。
- [0104] 図23(a)～(c)は、上部電極17と下部電極15との間に圧電薄膜16が挟まれている共振子の振動部と、基板12との間に空間13, 12s, 12tを設けることによって、音響的に分離している例である。実施例1等のタイプAの共振子と同様に、支持層14、周波数調整膜19、付加膜22を備え、周波数調整膜19には段差が形成されている。
- [0105] 図23(a)は、空隙13を介して基板12から浮いた状態で、共振子の振動部が支持されている例である。空隙13は、基板12上に犠牲層を形成し、その後共振子を形成し、犠牲層を除去することにより形成できる。
- [0106] 図23(b)は、基板12を貫通する空洞12sの上に共振子の振動部が配置されている例である。空洞12sは、共振子を形成した基板を裏側から、共振子とは反対側からエッチングすることにより形成できる。この場合、支持層14はエッチングされない材料を用いる。
- [0107] 図23(c)は、基板12に形成された非貫通の空洞(くぼみ)12tの上に共振子の振動部が配置されている例である。基板12に先に空洞12tを形成しておき、空洞12tに犠牲層を埋め込んだ状態で共振子を形成した後、犠牲層を除去する。
- [0108] 図23(d)～(i)は、共振子の振動部と基板12との間に音響反射層を配置した例である。音響反射層は、音響インピーダンスが相対的に低い低音響インピーダンス層30と、相対的に高い高音響インピーダンス層32とが交互に配置されており、例えば音響インピーダンスが異なる材料を交互に積層することによって形成することができる。
- [0109] 図23(d-1)及び(d-2)は、基板12の全面に音響反射層が形成され、その上に共振子の振動部が形成されている例である。図23(e-1)及び(e-2)は、基板12の空洞(くぼみ)12kの中に音響反射層が形成され、その上に共振子の振動部が形成されている例である。図23(f-1)及び(f-2)は、基板12の一部に音響反射層が形成され、その上に共振子の振動部が形成されている例である。
- [0110] 図23(d-1)、(e-1)及び(f-1)は、タイプBの共振子に好適な構成であり、上部電極17及び周波数調整膜19の外周に接する付加膜22が形成されている。
- [0111] 図23(d-2)、(e-2)及び(f-2)は、タイプAの共振子に好適な構成であり、上部

電極17の上に配置された周波数調整膜18の外周近傍部分の厚さを他の部分よりも大きくして段差部18kを形成している。

- [0112] <実施例10> 実施例10では、実施例1から9に示した圧電共振子・フィルタ101～109とインダクタL1～L6とを用いて、DPX(分岐器)を図24の回路図に示すように構成している。図に示す共振子101～109は、実施例に示したBAW共振子を用いても良いし、一部SAW共振子や弾性境界波共振子を使っても良い。
- [0113] 図24に示すDPXは、Tx端に不平衡信号(アンバランス信号)を入・出力できるように構成され、Rx端に縦結合型SAWフィルタ、縦結合型弾性境界波フィルタなどのように不平衡信号を平衡信号(バランス信号)に変換する機能を持ったフィルタ110を用いることで、Rx端は平衡信号を出力できる。Rxフィルタに縦結合型BAWフィルタを持って来るよりも、低コストで、バランス信号の品質に優れたDPXが製造できる。
- [0114] <実施例11> 実施例11では、実施例1から9に示した圧電共振子・フィルタ201～210とインダクタL1～L6とを用いて、DPX(分波器)を図25の回路図に示すように構成している。図に示す共振子201～210は、実施例に示したBAW共振子を用いても良いし、一部SAW共振子や弾性境界波共振子を使っても良い。
- [0115] 図25に示すDPXは、Tx端に不平衡信号(アンバランス信号)を入・出力できるように構成され、Rx端に縦結合型SAWフィルタ、縦結合型弾性境界波フィルタなどのように不平衡信号を平衡信号(バランス信号)に変換する機能を持ったフィルタ220と実施例1から9に示した圧電共振子208～210を用いることで、Rx端は平衡信号を出力できる。BAWフィルタはSAWフィルタよりも低ロス、高Qな特徴を持っているため、実施例10と同じく、低コストで、バランス信号の品質に優れたDPXが製造できる上、実施例10よりも低ロスで急峻なキレを持つRxフィルタ特性を待ったDPXが製造できる。
- [0116] <実施例12> 実施例12では、実施例1から9に示した圧電共振子・フィルタ301～310とインダクタL1～L5とを用いて、DPX(分波器)を図26の回路図に示すように構成している。図に示す共振子301～310は、実施例に示したBAW共振子を用いても良いし、一部の共振子308～310にSAW共振子や弾性境界波共振子を使っても良い。

- [0117] 図26に示すDPXは、Tx端に不平衡(アンバランス信号)信号を入・出力できるように構成され、Rx端に縦結合型SAWフィルタ、縦結合型弾性境界波フィルタなどのように不平衡信号を平衡信号(バランス信号)に変換する機能を持ったフィルタ330を用いることで、Rx端は平衡信号を出力できる。Rxフィルタに縦結合型BAWフィルタを持って来るよりも、低コストで、バランス信号の品質に優れ、さらに出力のインピーダンス調整が行いやすいDPXが製造できる。さらに、Rx端に回路に対して共振子を並列に入れることによって、静電気耐圧に優れた特性が得られ、特に共振子309, 310にBAW共振子を用いた場合には最も優れた静電気耐圧特性を持つことができる。
- [0118] 図26ではアンテナ端に回路に対して並列にインダクタL1を配置し、TxフィルタとRxフィルタの整合を調整しているが、並列インダクタL1の代わりにアンテナからRxフィルタへの経路にストリップラインなどで形成した90度位相器を配置しても良い。
- [0119] <まとめ> 以上に説明したように、特性インピーダンスが相対的に大きいタイプAの共振子と、特性インピーダンスが相対的に小さいタイプBの共振子とを組み合わせることでフィルタを構成することにより、より良い特性の圧電薄膜フィルタを得ることができる。
- [0120] なお、本発明は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、種々変更を加えて実施することができる。
- [0121] 例えば、本発明は、ラダー型フィルタに限らず、ラティス型フィルタや多重モードフィルタなどにも適用することができる。

## 請求の範囲

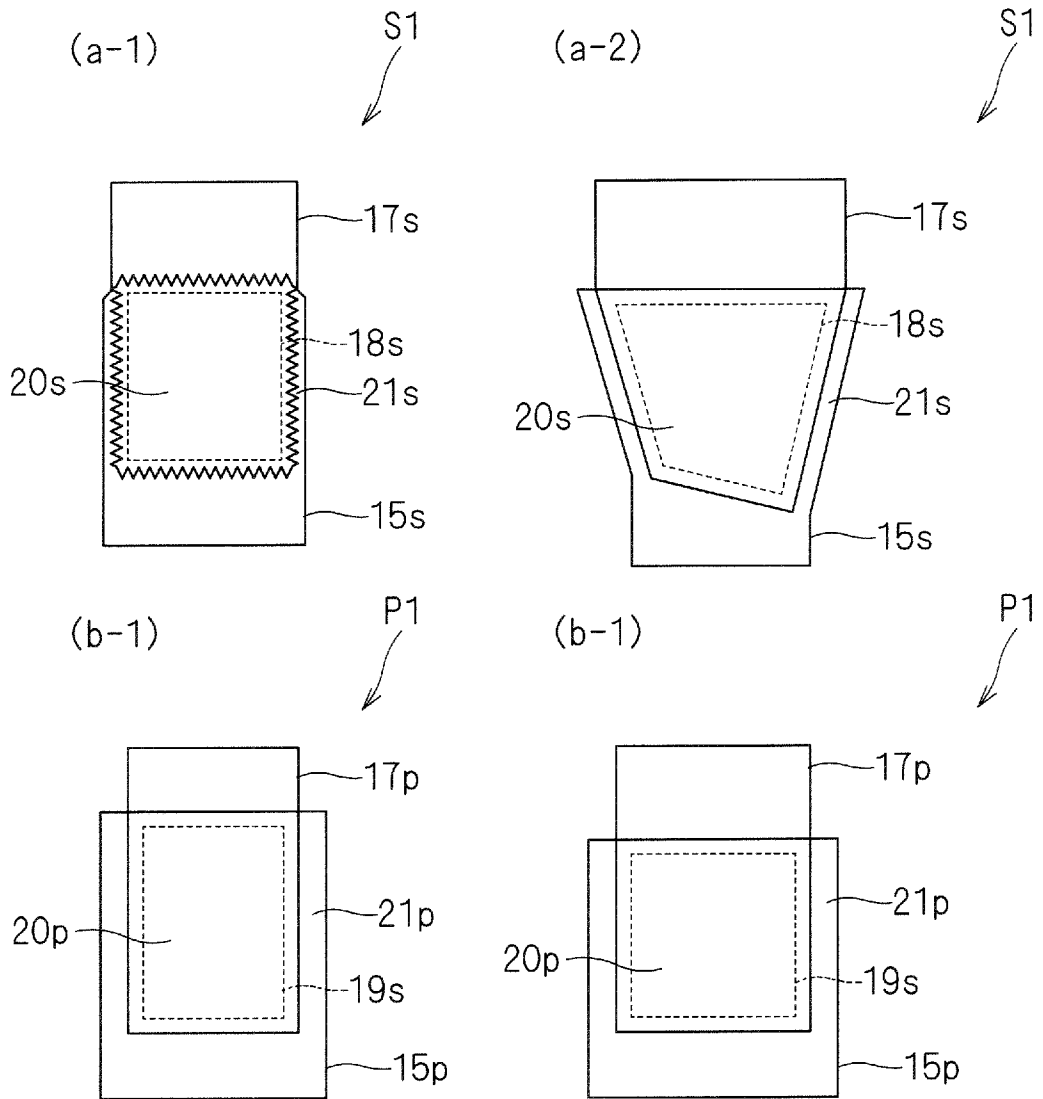
- [1] 1つの基板と、  
前記基板の一方主面に沿って一对の電極の間に圧電薄膜が配置されかつ前記基板から音響的に分離されている第1及び第2の振動部と、  
を備え、  
前記第1の振動部を含む第1の共振子と前記第2の振動部を含む第2の共振子とによりフィルタが構成されている、圧電薄膜フィルタにおいて、  
前記第1の共振子は、厚み方向から見たときに、前記第1の振動部の外周の全長の半分以上を形成する一方の前記電極に接して外側に配置されている付加膜を含み、  
前記第2の共振子は、厚み方向から見たときに、前記第2の振動部の外形が多角形であり、該多角形の各辺が他のいずれの辺とも非平行であることを特徴とする、圧電薄膜フィルタ。
- [2] 1つの基板と、  
前記基板の一方主面に沿って一对の電極の間に圧電薄膜が配置されかつ前記基板から音響的に分離されている第1及び第2の振動部と、  
を備え、  
前記第1の振動部を含む第1の共振子と前記第2の振動部を含む第2の共振子とによりフィルタが構成されている、圧電薄膜フィルタにおいて、  
前記第1の共振子は、厚み方向から見たときに、前記第1の振動部の外周の全長の半分以上を形成する一方の前記電極に接して外側に配置されている付加膜を含み、  
前記第2の共振子は、厚み方向から見たときに、前記第2の振動部の外形が略多角形であり、該略多角形の各辺が湾曲又は折れ曲がりを繰り返す波状であることを特徴とする、圧電薄膜フィルタ。
- [3] 前記第1の共振子は、特性インピーダンスが相対的に小さく、  
前記第2の共振子は、特性インピーダンスが相対的に大きいことを特徴とする、請求項1又は2に記載の圧電薄膜フィルタ。

- [4] 前記第1の共振子は、特性インピーダンスが相対的に小さく、  
前記第2の共振子は、特性インピーダンスが相対的に大きく、  
前記第2の共振子の少なくとも1つが、直列接続された複数の前記第1の共振子に置き換えられていることを特徴とする、請求項1又は2に記載の圧電薄膜フィルタ。
- [5] 前記第1の共振子は、共振周波数が相対的に低く、  
前記第2の共振子は、共振周波数が相対的に高いことを特徴とする、請求項1又は2に記載の圧電薄膜フィルタ。
- [6] 厚み方向から見たとき、前記第1の振動部及び前記第2の振動部の少なくとも一方に重なり、当該振動部の外縁の少なくとも一部分に沿って段差部が形成され、該段差部と当該振動部の前記外縁と間の厚さが他の部分の厚さよりも小さい段差形成膜をさらに備えたことを特徴とする、請求項1乃至5のいずれか一つに記載の圧電薄膜フィルタ。
- [7] 厚み方向から見たとき、フィルタを構成する共振子のうち特性インピーダンスが相対的に高い共振子の前記振動部のみに重なり、前記振動部の外縁の少なくとも一部分に沿って段差部が形成され、該段差部と前記振動部の前記外縁と間の厚さが他の部分の厚さよりも小さい段差形成膜をさらに備えたことを特徴とする、請求項1乃至5のいずれか一つに記載の圧電薄膜フィルタ。

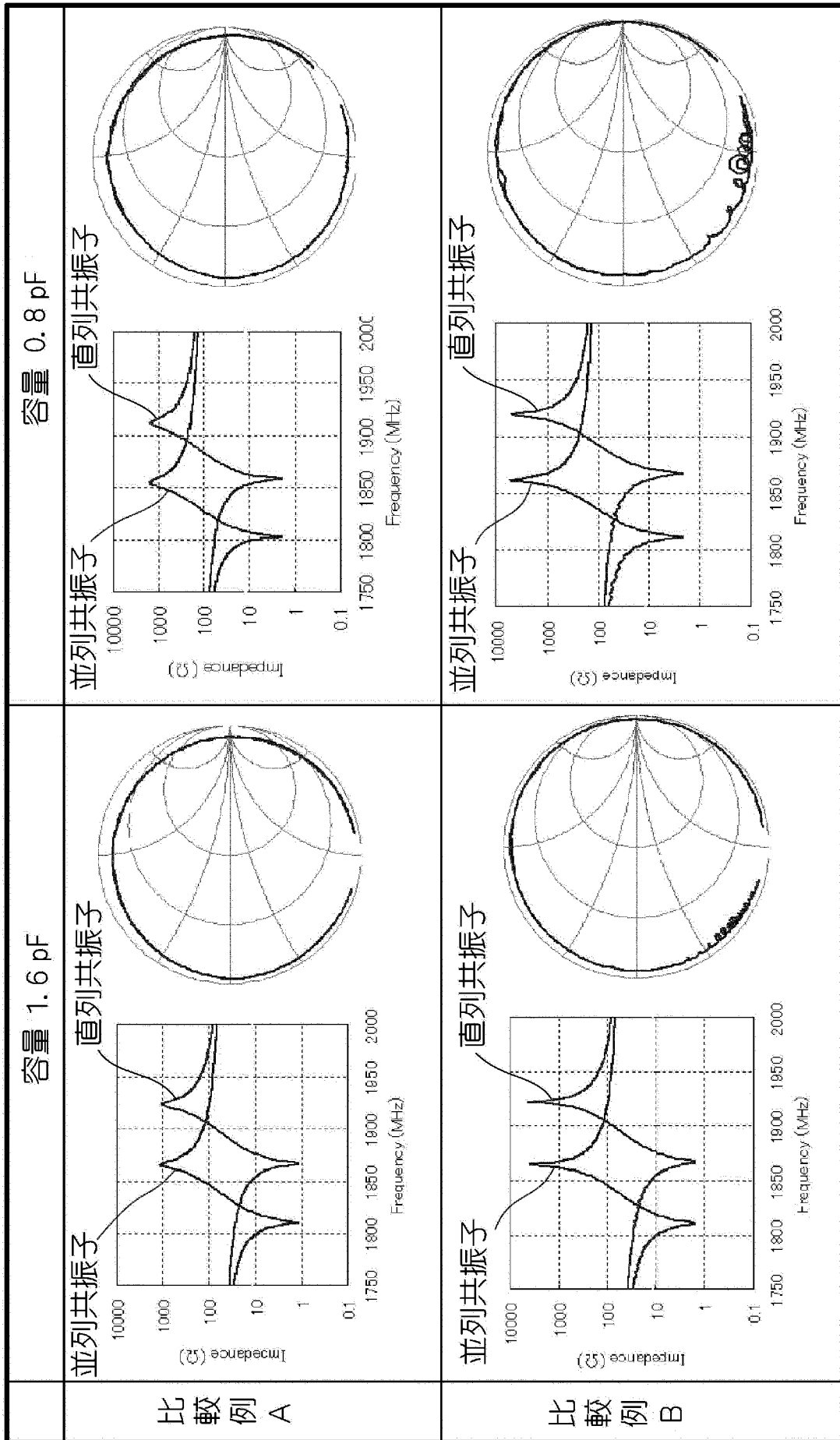




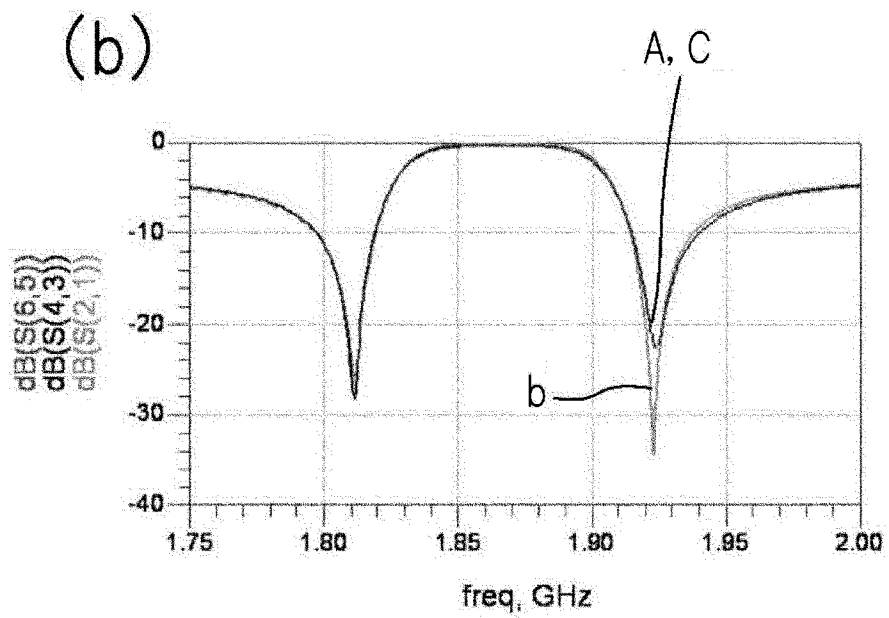
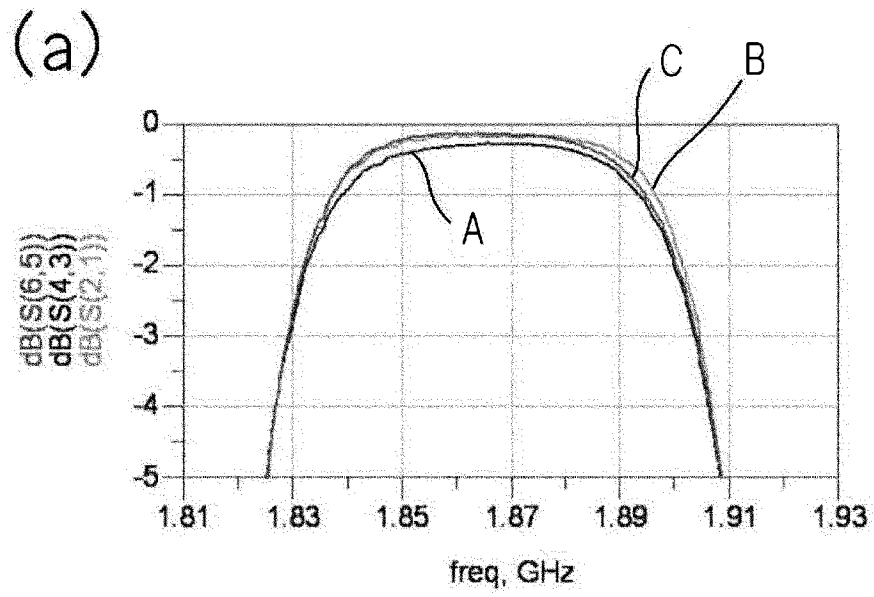
[図3]



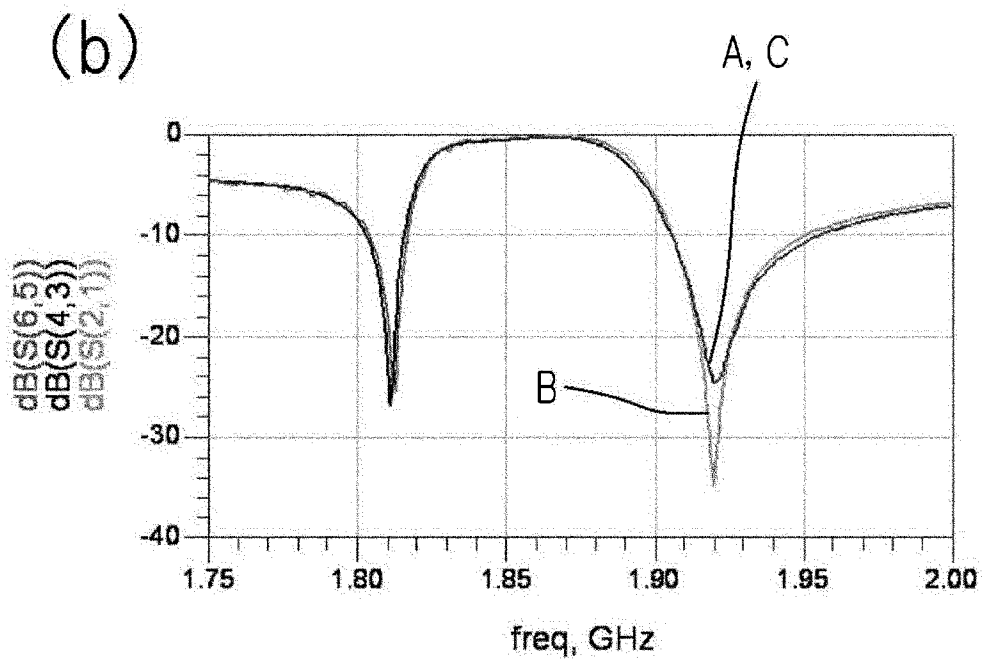
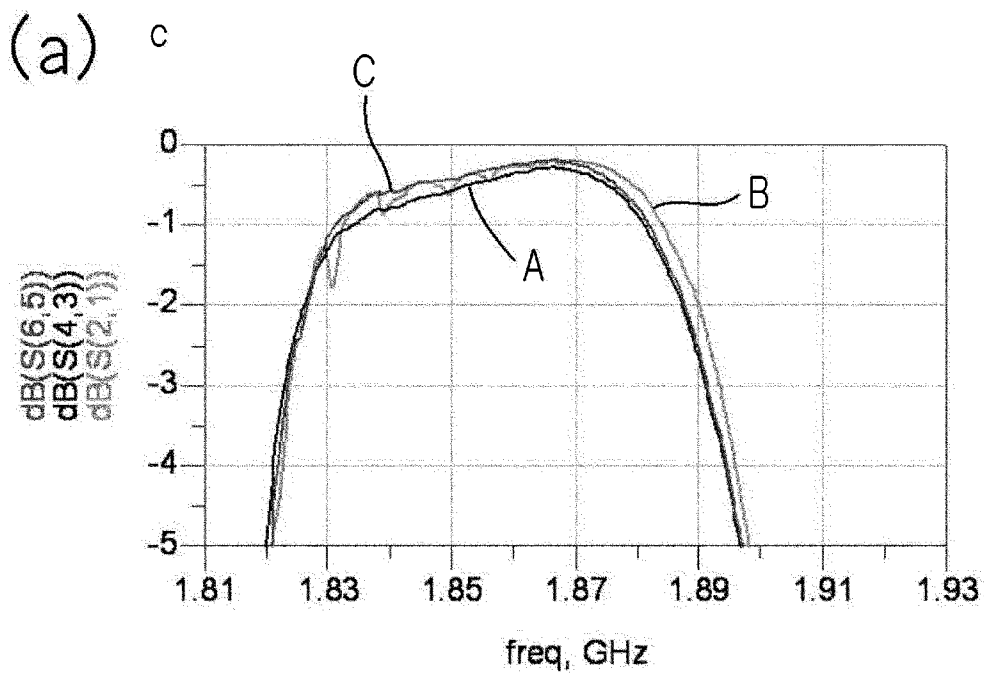
[図4]



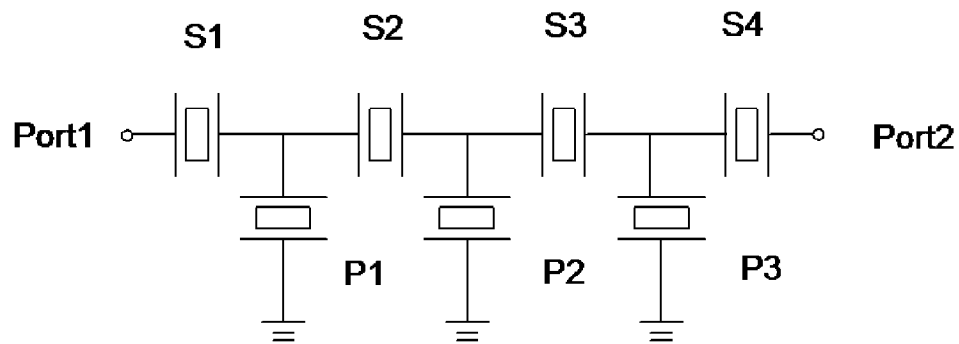
[図5]



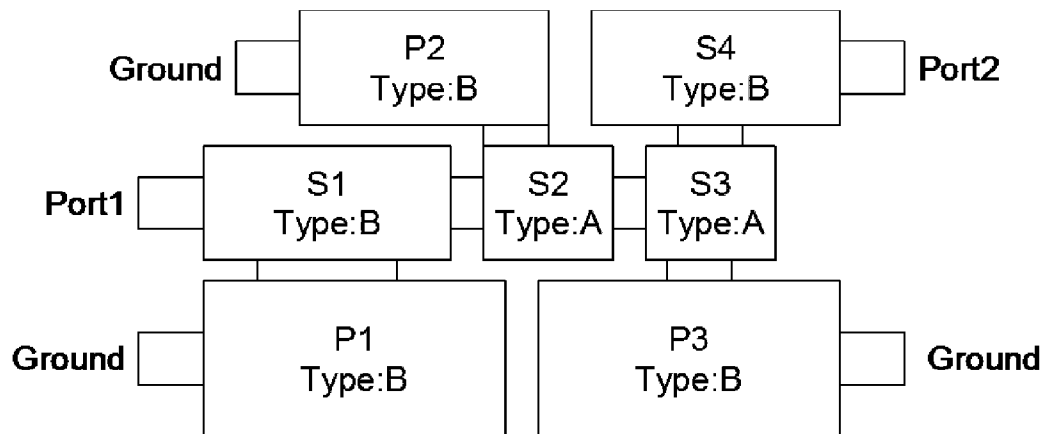
[図6]



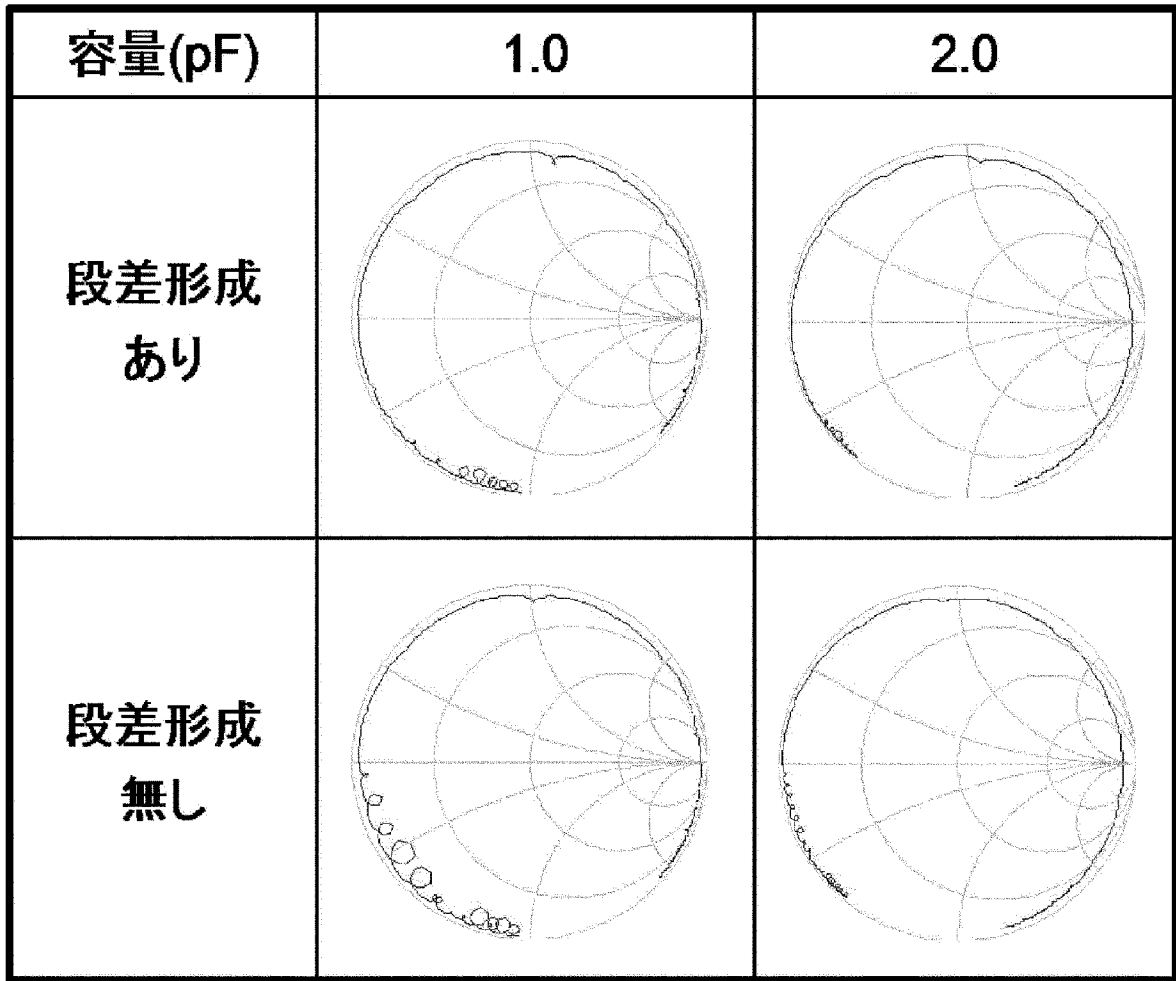
[図7]



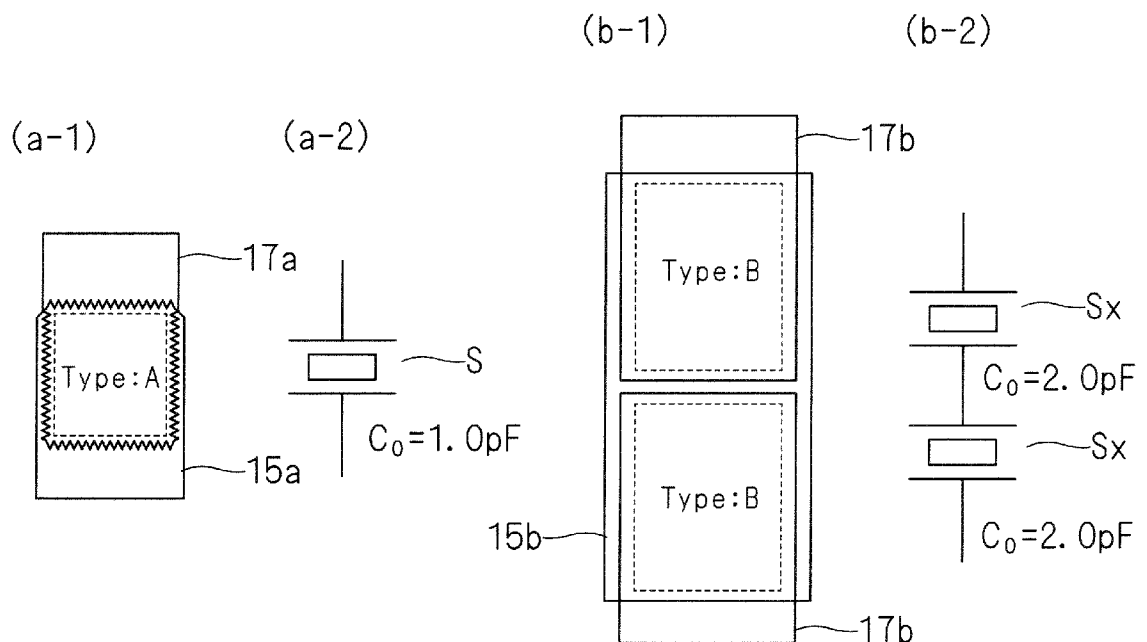
[図8]



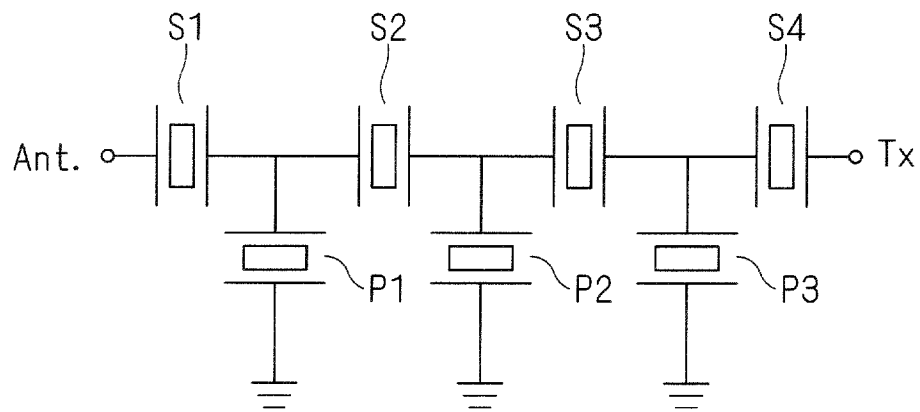
[図9]



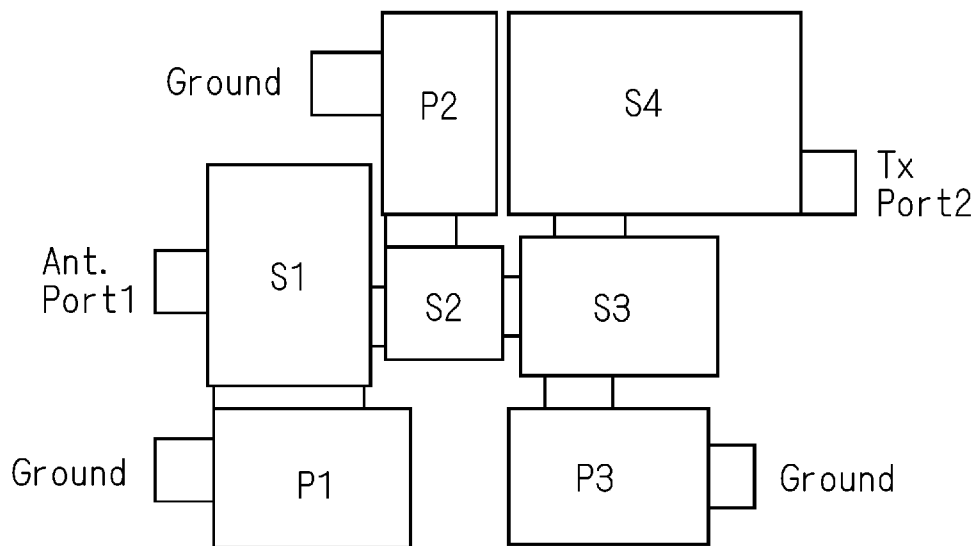
[図10]



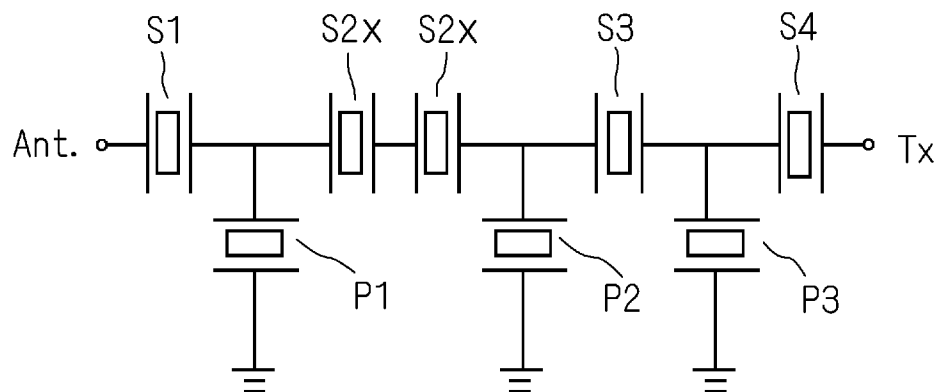
[図11]



[図12]

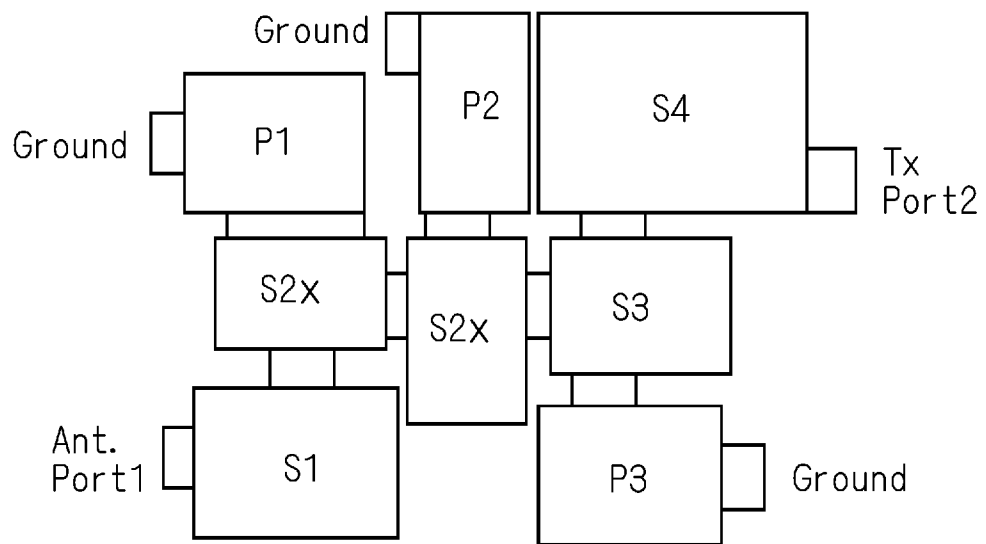


[図13]



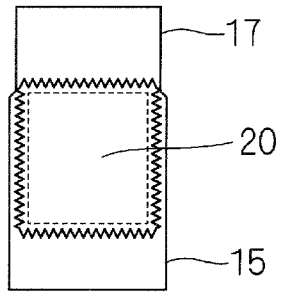


[図14]

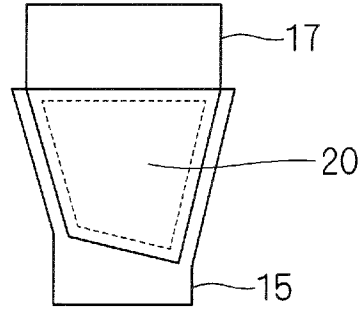


[図15]

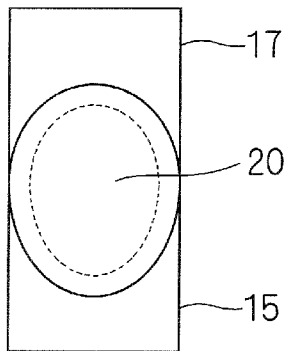
(a-1)



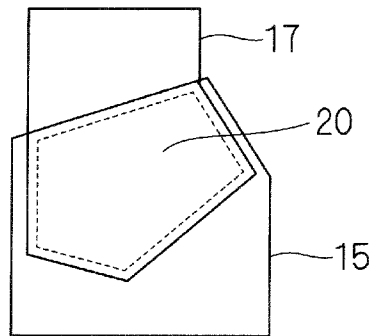
(a-2)



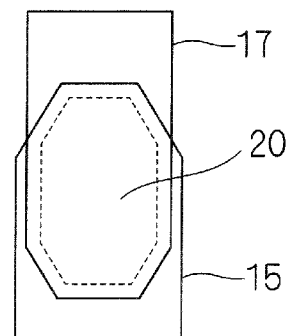
(b-1)



(b-2)

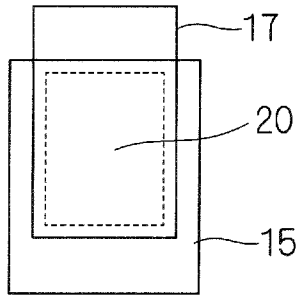


(b-3)

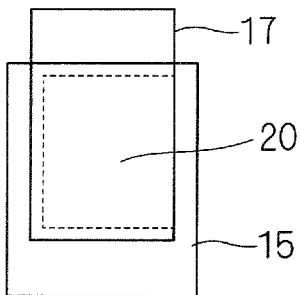


[図16]

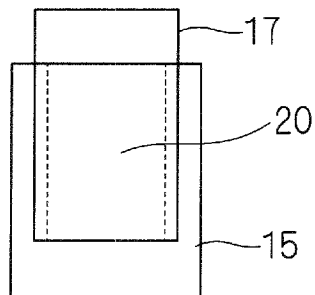
(a)



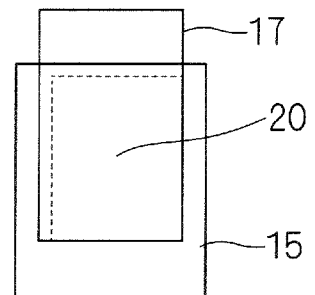
(b)



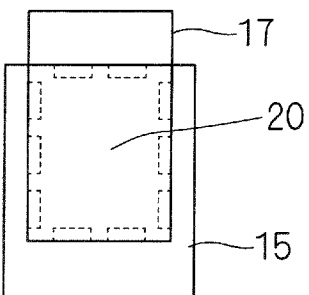
(c)



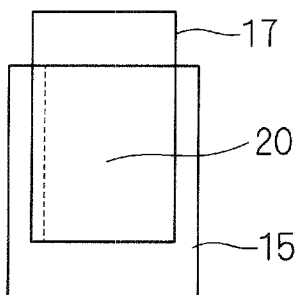
(d)



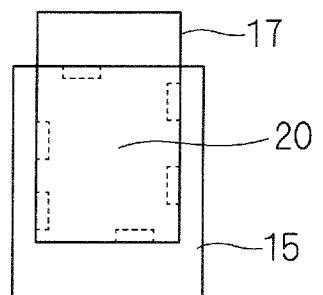
(e)



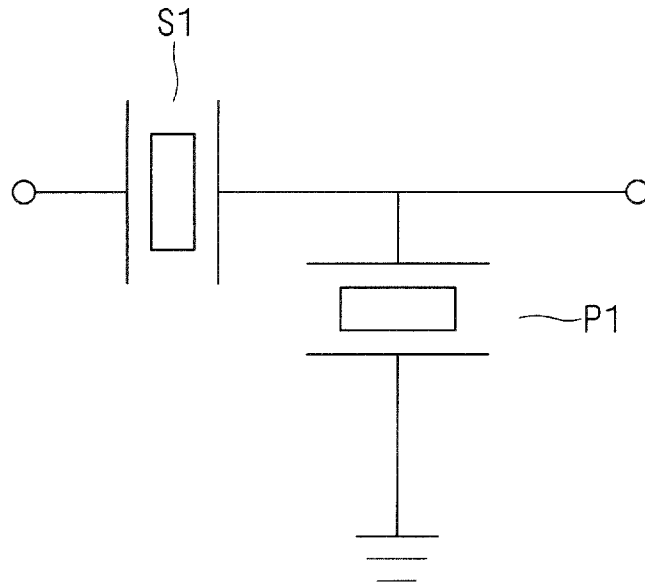
(f)



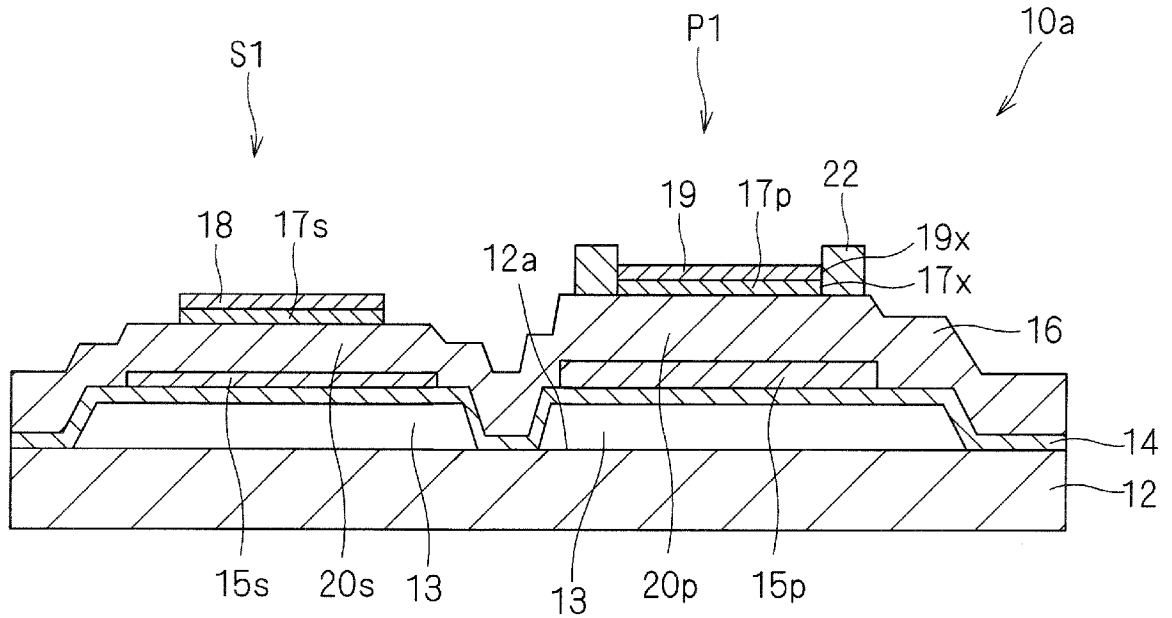
(g)



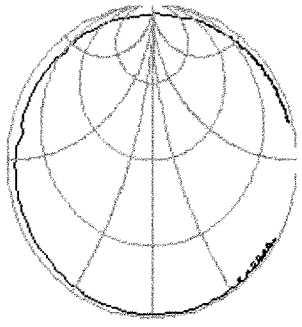
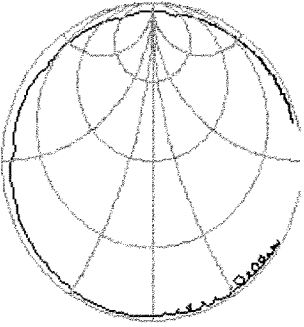
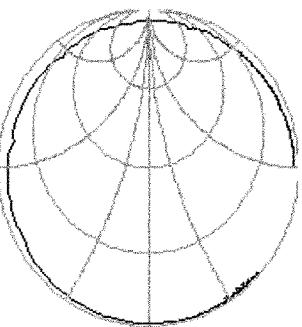
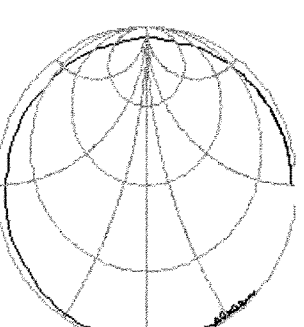
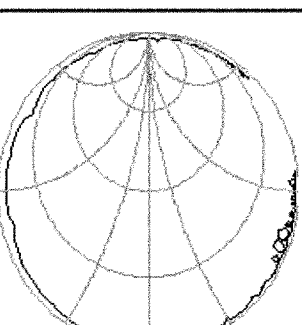
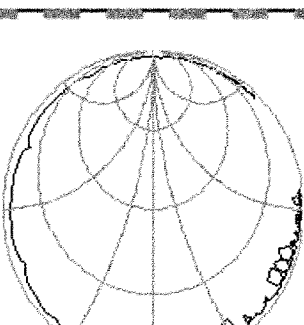
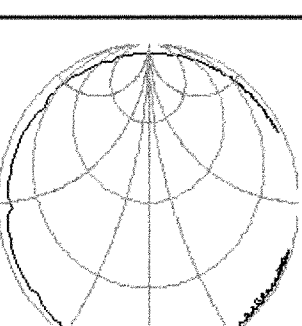
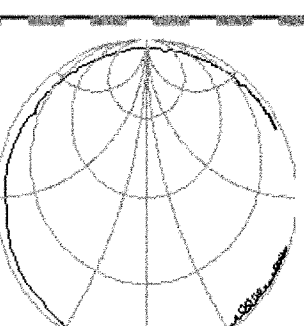
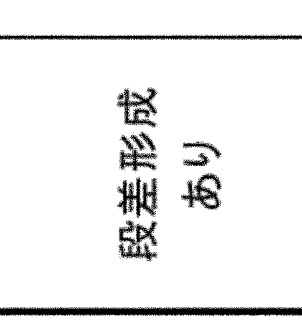
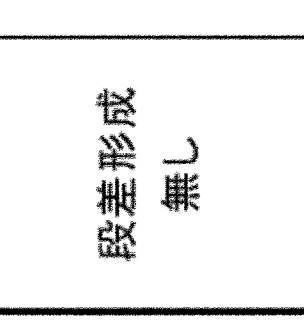


[図17]



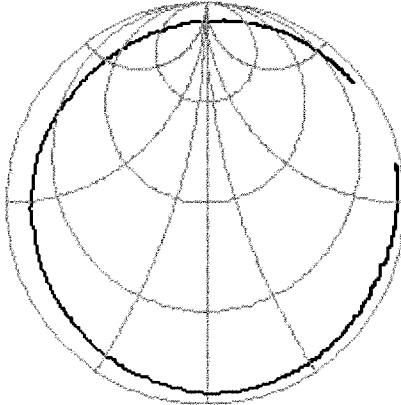
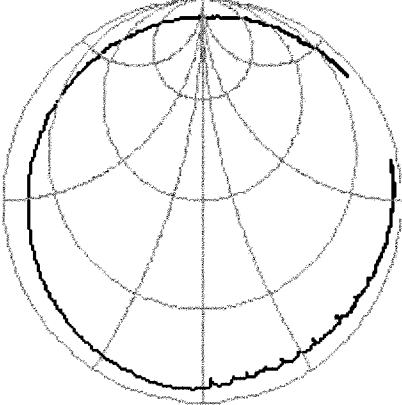
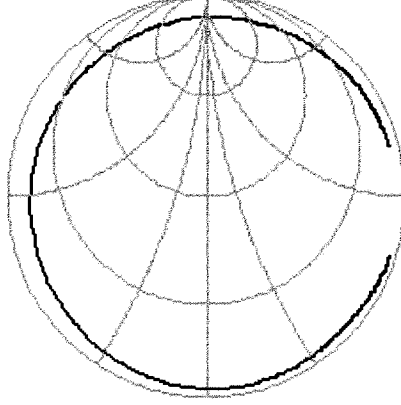
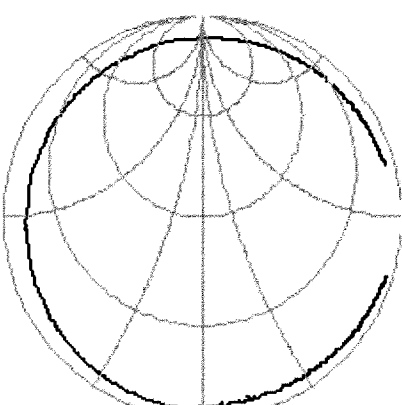
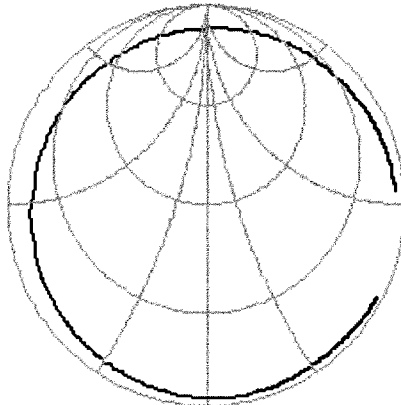
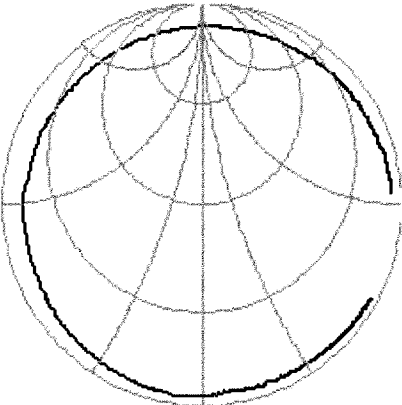
[図18]



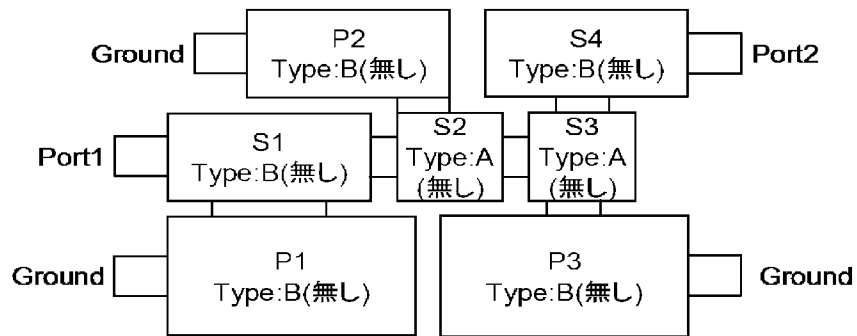
[図19]

容量(pF)	段差形成 あり		
1.7(直列)			
2.2(並列)			
1.1(直列)			
1.7(直列)			
1.7(並列)			

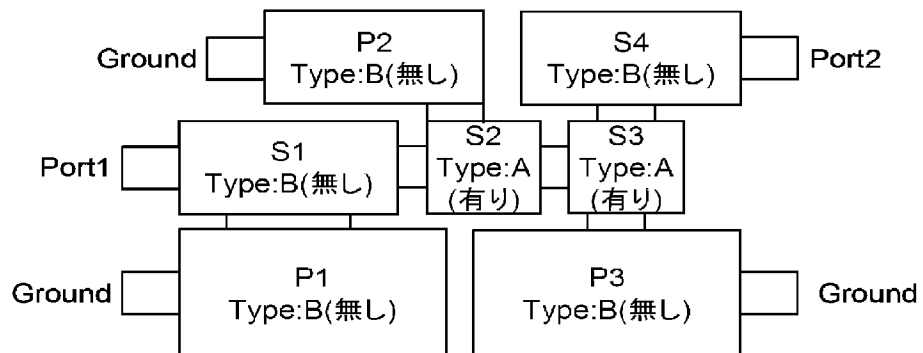
[図20]

1.1		
1.6		
2.0		
容量(pF)	<p>段差形成 あり</p>	<p>段差形成 無し</p>

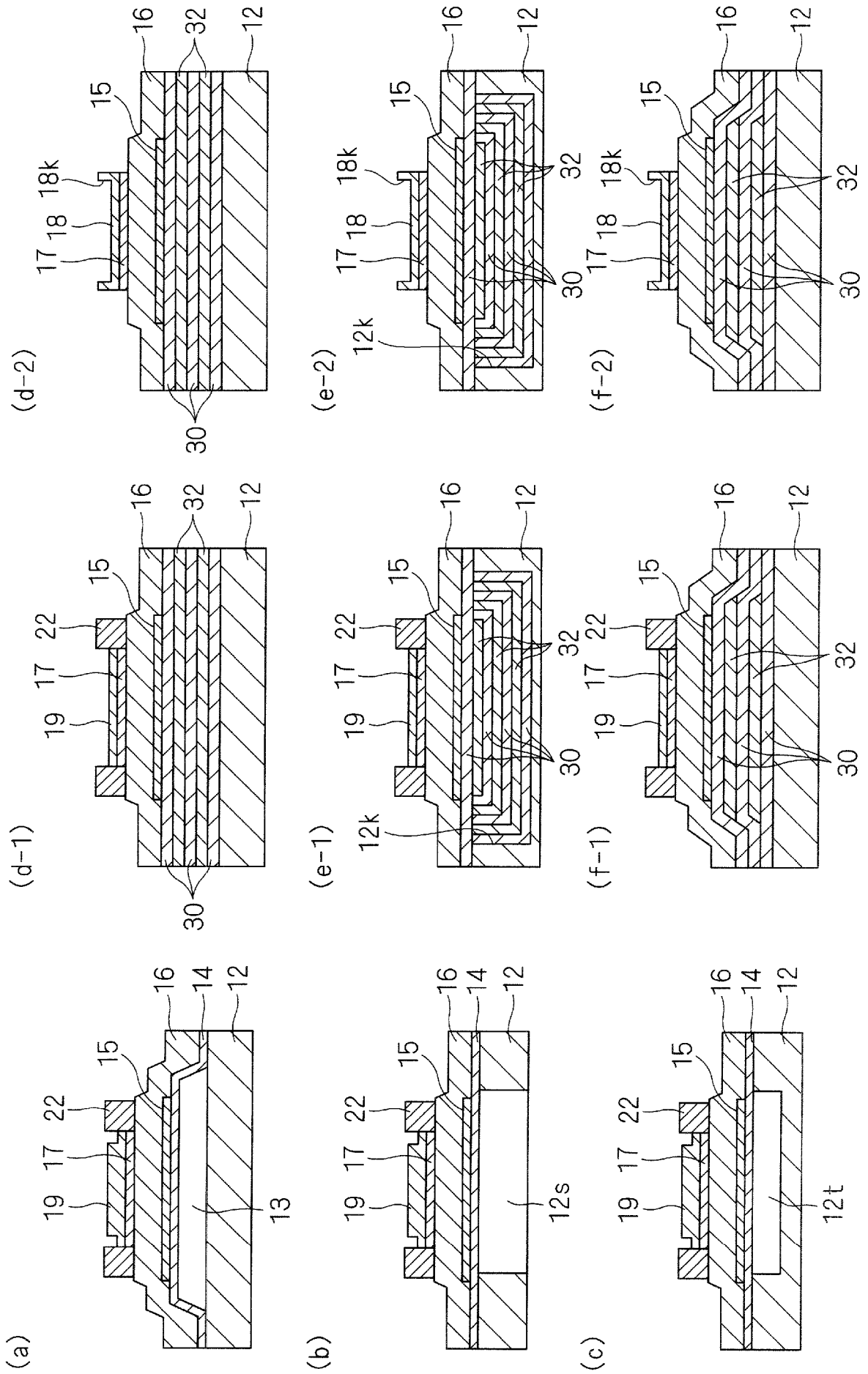
[図21]



[図22]

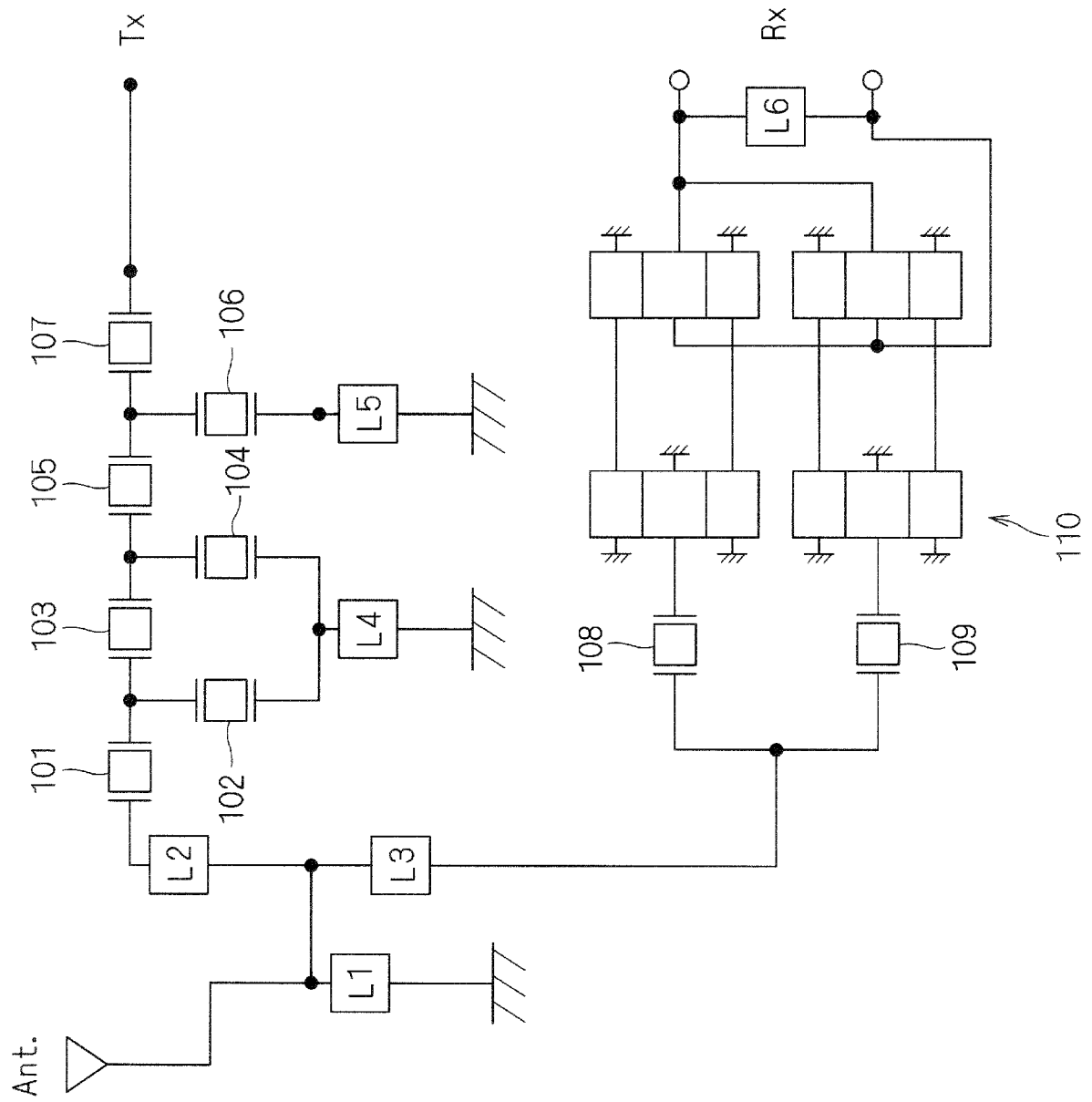


[図23]

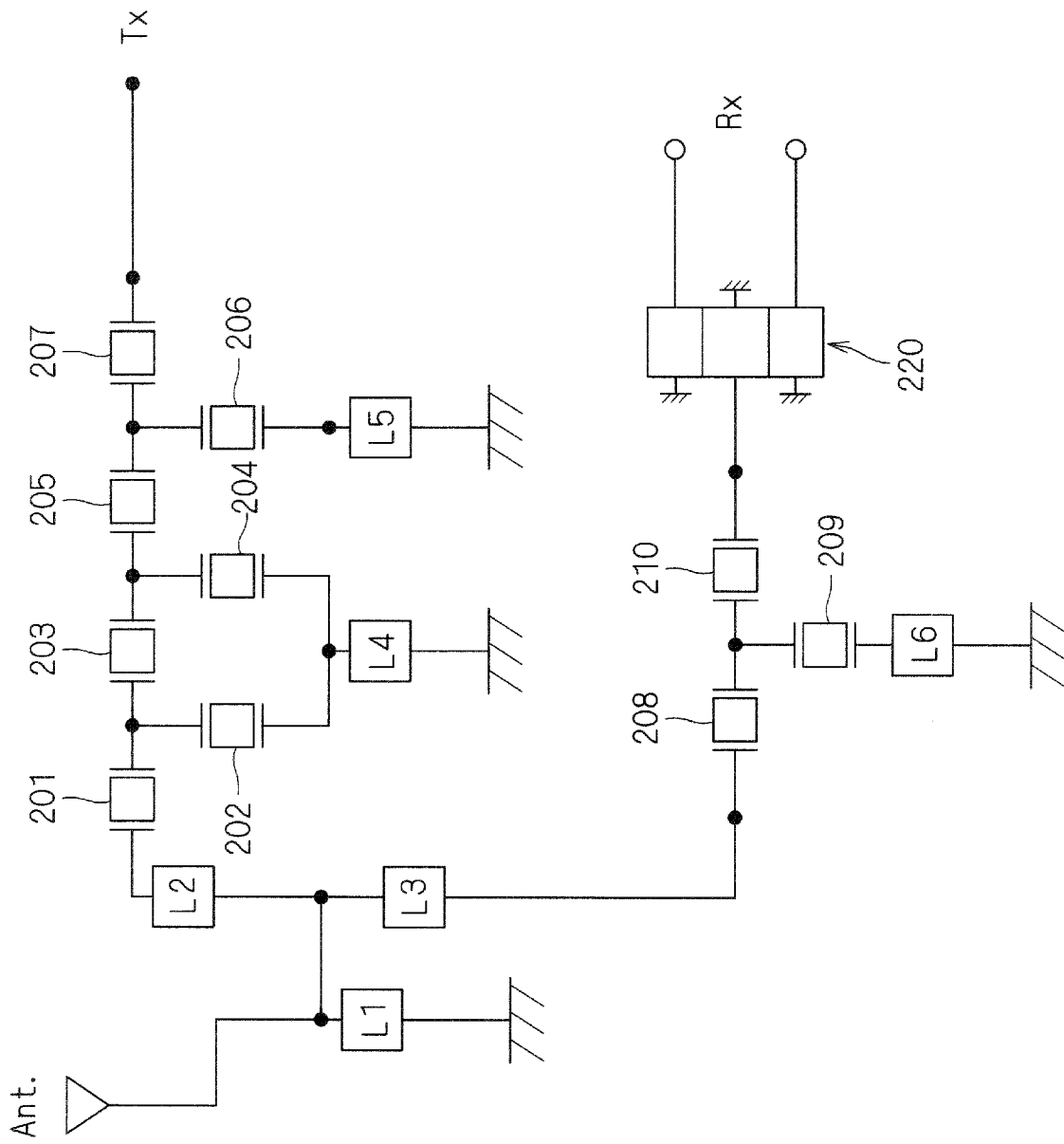




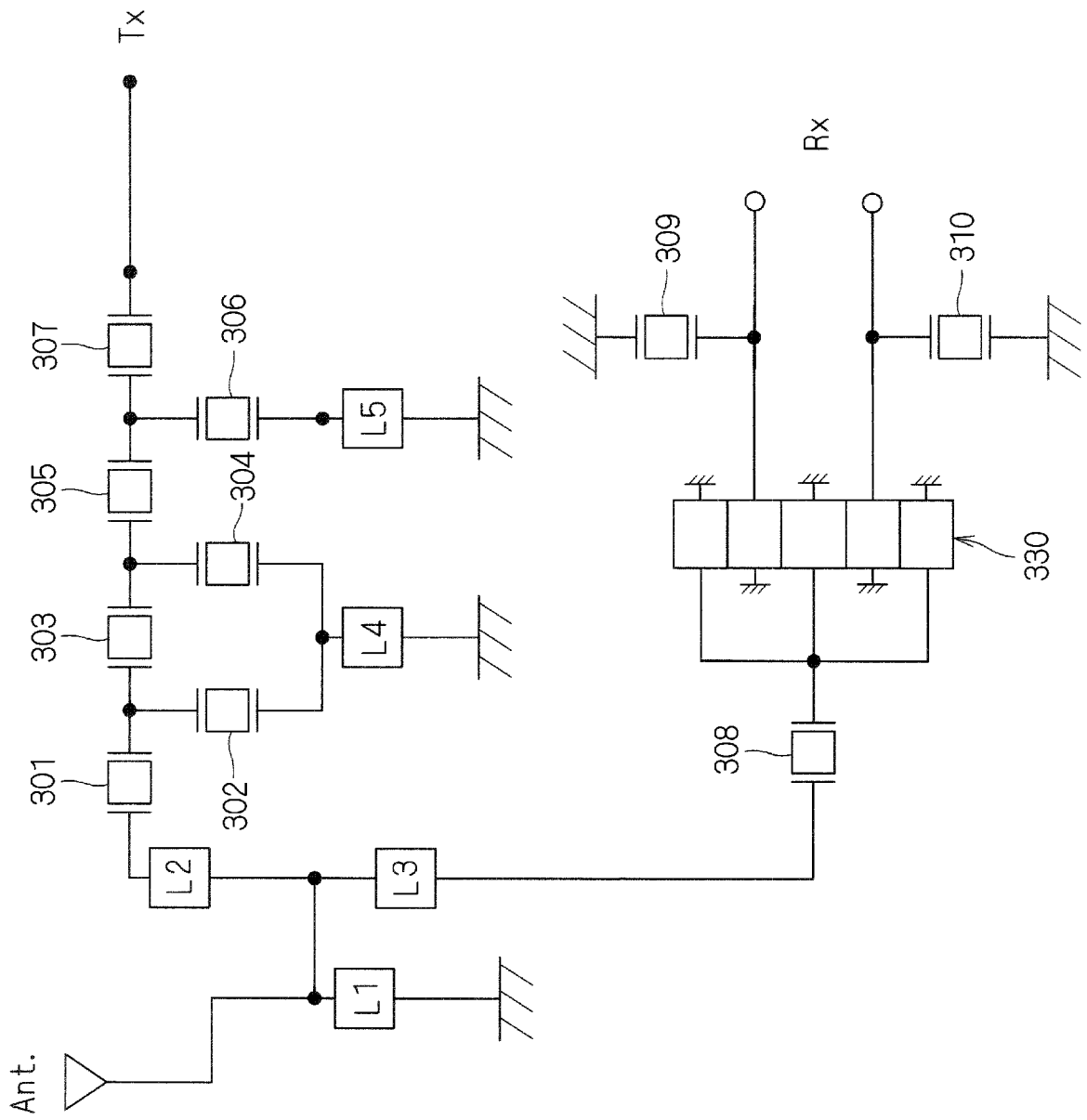
[図24]



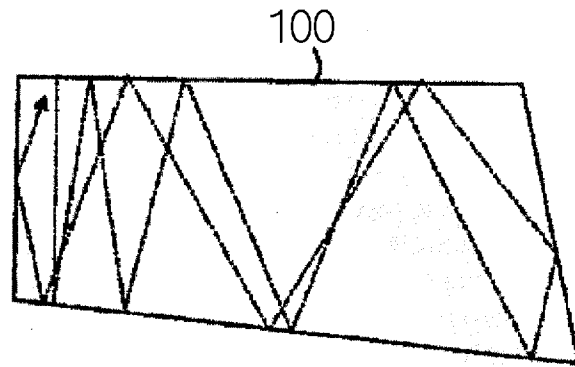
[図25]



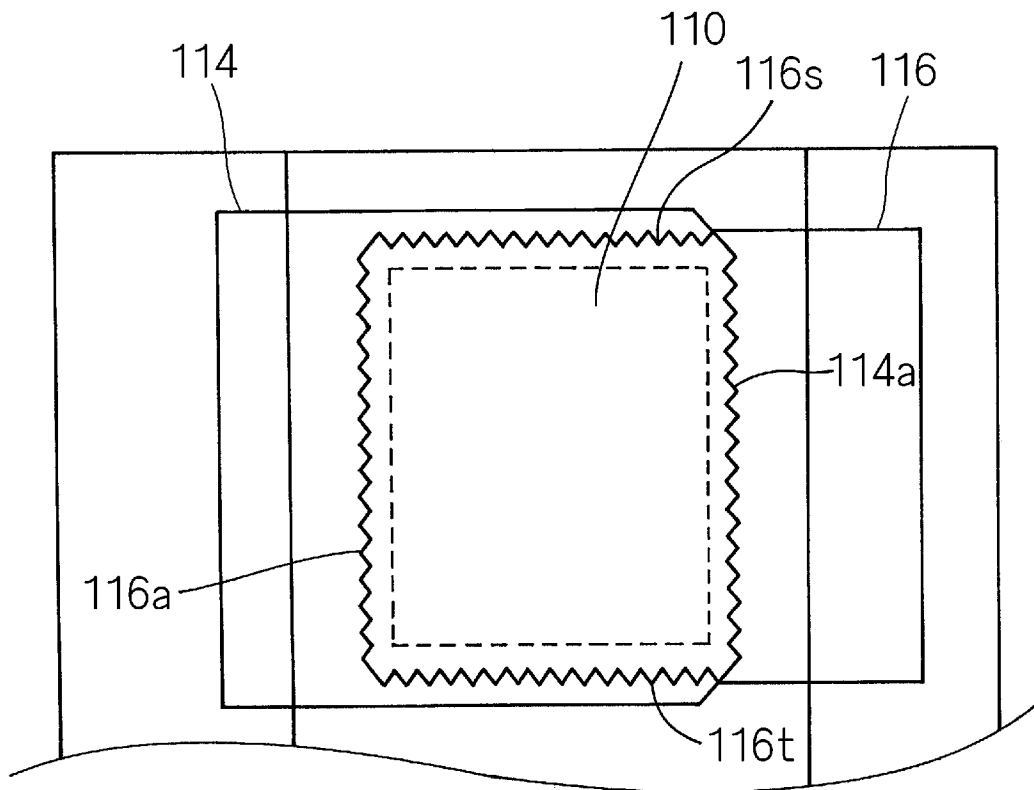
[図26]



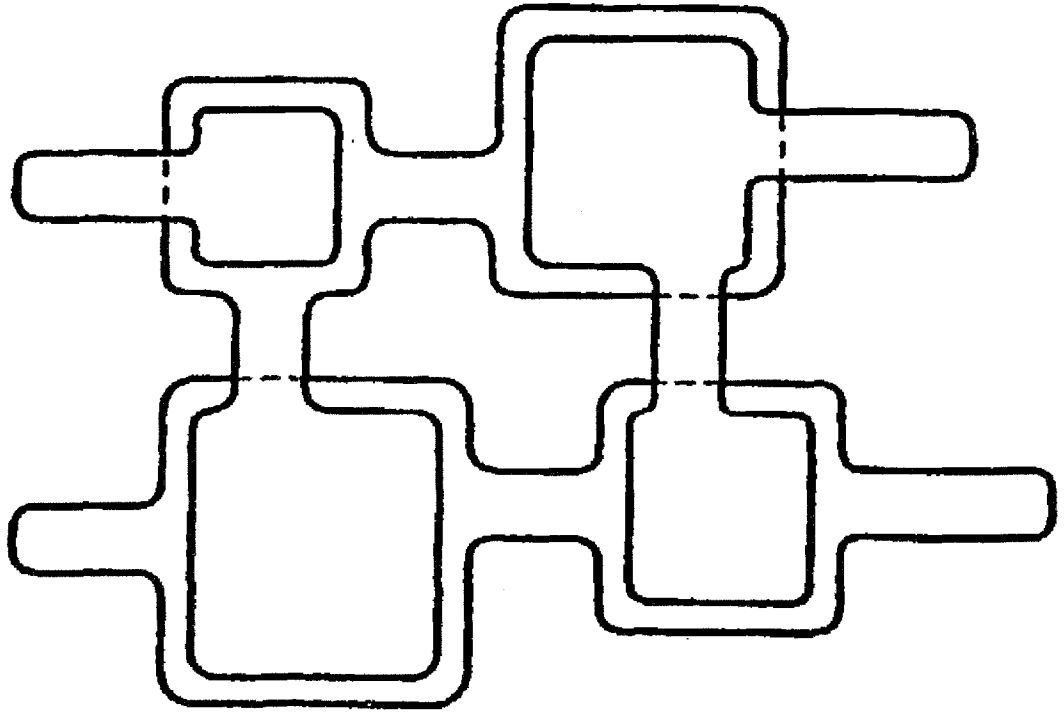
[図27]



[図28]



[図29]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2008/052770

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
H03H9/54(2006.01) i, H01L41/09(2006.01) i, H01L41/18(2006.01) i, H01L41/22(2006.01) i, H03H9/17(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)  
H03H3/007-H03H3/10, H03H9/00-H03H9/76, H01L41/09, H01L41/18, H01L41/22

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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 2005-184303 A (TDK Corp.), 07 July, 2005 (07.07.05), Par. No. [0065]; Fig. 8 & US 2005/0146242 A1	1, 3-7
X Y	WO 2006/129532 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 07 December, 2006 (07.12.06), Par. Nos. [0078] to [0087], [0139] to [0141], [0145] to [0146]; Figs. 9, 25, 27 (Family: none)	2 1, 3-7
Y	JP 2004-158970 A (Ube Industries, Ltd.), 03 June, 2004 (03.06.04), Par. No. [0041] & US 2004/0085160 A1	3-4, 7

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 02 May, 2008 (02.05.08)	Date of mailing of the international search report 13 May, 2008 (13.05.08)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2008/052770

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-198777 A (Nokia Mobile Phones Ltd.), 12 July, 2002 (12.07.02), Par. No. [0049]; Fig. 12 & US 2002/0093394 A1 & EP 1209807 A2	4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H03H9/54(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/18(2006.01)i, H01L41/22(2006.01)i, H03H9/17(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. H03H3/007-H03H3/10, H03H9/00-H03H9/76, H01L41/09, H01L41/18, H01L41/22			
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 1971-2008年 日本国実用新案登録公報 1996-2008年 日本国登録実用新案公報 1994-2008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 請求の範囲の番号	
Y	JP 2005-184303 A (TDK株式会社) 2005.07.07, [0065], 図8 & US 2005/0146242 A1	1, 3-7	
X	WO 2006/129532 A1 (株式会社村田製作所) 2006.12.07, [0078]-[0087], [0139]-[0141], [0145]-[0146]、図9, 図25, 図27 (ファミリーなし)	2	
Y		1, 3-7	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な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 02.05.2008		国際調査報告の発送日 13.05.2008	
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) 崎間 伸洋	5W 3570
		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 請求の範囲の番号
Y	JP 2004-158970 A (宇部興産株式会社) 2004.06.03, [0041] & US 2004/0085160 A1	3-4, 7
Y	JP 2002-198777 A (ノキア モービル フォーンズ リミテッド) 2002.07.12, [0049]、図 12 & US 2002/0093394 A1 & EP 1209807 A2	4