

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年5月3日(03.05.2012)



PCT



(10) 国際公開番号
WO 2012/056889 A1

- (51) 国際特許分類:
H01G 5/16 (2006.01) B81B 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/073491
- (22) 国際出願日: 2011年10月13日(13.10.2011)
- (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 2010-242905 2010年10月29日(29.10.2010) 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: 特許業務法人 楓国際特許事務所 (Kaede Patent Attorneys' Office); 〒5400011 大阪府

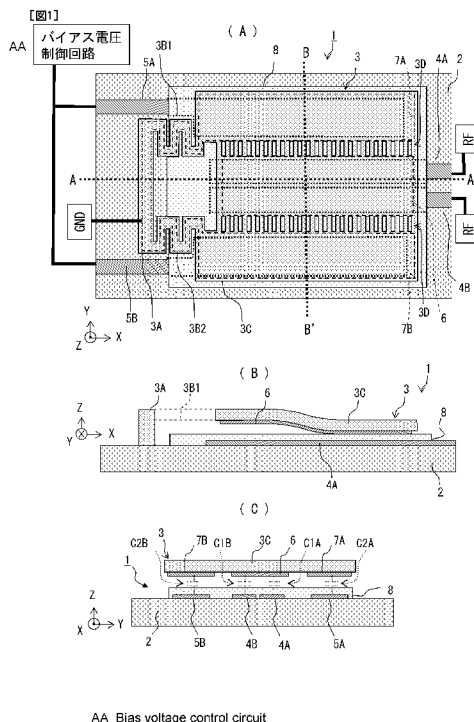
大阪府中央区農人橋1丁目4番34号 Osaka (JP).

- (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, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: VARIABLE CAPACITANCE DEVICE

(54) 発明の名称: 可変容量装置



(57) Abstract: In the present invention, a variable capacitance device (1) comprises a support plate (2), a movable beam (3), drive capacitance parts (C2A, C2B), and variable capacitance parts (C1A, C1B). The movable beam (3) comprises a movable part (3C), an anchor part (3A), and connection parts (3B1, 3B2). The drive capacitance parts (C2A, C2B) have a drive capacitance that causes the movable part (3C) to deform so as to approach the support plate (2). The variable capacitance parts (C1A, C1B) have a capacitance that changes depending on how close the movable part (3C) and the support plate (2) are to each other. The connection parts (3B1, 3B2) are connected to the movable part (3C), when viewed in the beam width direction, at a position overlapping the end portion on the side of the variable capacitance parts (C1A, C1B) of the drive capacitance parts (C2A, C2B) or at a position closer to the movable capacitance parts (C1A, C1B) than the end portion.

(57) 要約: 可変容量装置 (1) は、支持板 (2) と可動梁 (3) と駆動容量部 (C2A, C2B) と可変容量部 (C1A, C1B) とを備える。可動梁 (3) は可動部 (3C) とアンカー部 (3A) と連結部 (3B1, 3B2) とを備える。駆動容量部 (C2A, C2B) は、支持板 (2) に近接するように可動部 (3C) を変形させる駆動容量を生じる。可変容量部 (C1A, C1B) は、可動部 (3C) と支持板 (2) とが近接する状態に応じて容量の大きさが変化する。連結部 (3B1, 3B2) は、梁幅方向を視て、駆動容量部 (C2A, C2B) の可変容量部 (C1A, C1B) 側の端部に重なる位置、または、前記端部よりも可変容量部 (C1A, C1B) 側の位置で可動部 (3C) に連結される。

AA Bias voltage control circuit

WO 2012/056889 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：可変容量装置

技術分野

[0001] この発明は、静電力によって駆動するMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) を用いて、RF (Radio Frequency) 容量を制御する可変容量装置に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、静電力で駆動するMEMSを用いた可変容量装置やスイッチングキャパシタ装置が利用されている（例えば特許文献1参照。）。

[0003] 静電力で駆動するMEMSを利用した可変容量装置やスイッチングキャパシタ装置では、支持板に対向させて可動梁を弾性支持し、一組又は複数組の対向電極対を可動梁と支持板とに設ける。対向電極対にバイアス電圧を印加することにより、対向電極対の間に静電引力が発生し、その静電引力が可動梁と支持板とが近接するように可動梁を変形させる。可動梁と支持板との近接状態や接触面積が変化することにより、対向電極対の間に生じる可変容量（RF容量）が制御される。

[0004] 特許文献1にはスイッチングキャパシタ装置が開示されている。このスイッチングキャパシタ装置では、支持板に対して可動梁の全面が近接する状態または全面が離間する状態にし、これにより可変容量（RF容量）をオンまたはオフに制御する。このスイッチングキャパシタ装置は、対向電極対として、駆動容量電極対および可変容量電極対を有する。駆動容量電極対および可変容量電極対は可動梁の支持位置（アンカー）間を結ぶ主軸方向に配列され、2組の駆動容量電極対の間に可変容量電極対が配置されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：米国特許第6507457号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 静電力で駆動するMEMSを利用した可変容量装置やスイッチングキャパシタ装置では、バイアス電圧だけではなくRF信号によっても可動梁の変形は引き起こされる。この現象はセルフアクチエーションと呼ばれ、セルフアクチエーションによる静電引力の大きさや可動梁の変形量は、RF信号の電力（振幅）の大きさに応じたものになる。そのため、可変容量装置において、印加されるRF信号の電力が変動すると、可動梁と支持板との近接状態も変動し、駆動容量や可変容量（RF容量）も変動することになる。特に、印加されるRF信号の電力が過大になると、駆動容量や可変容量（RF容量）が所望の値よりも大きくなって、可変容量（RF容量）の制御精度が低下してしまう。

[0007] この問題を解決するために、駆動容量をモニタしてバイアス電圧をフィードバック制御して、セルフアクチエーションに起因する駆動容量の所望の値からのずれを校正することが考えられる。この場合、駆動容量と可変容量（RF容量）との相関性（以下、単に容量相関性と称する。）が高ければ、セルフアクチエーションに起因するRF容量の制御値からのずれを無くすことができ、可変容量（RF容量）の制御精度を改善することができる。しかしながら、容量相関性自体がセルフアクチエーションの影響で変動する場合があります、可変容量（RF容量）の制御精度の低下を完全に防ぐことは難しかった。

[0008] そこで、本発明の目的は、駆動容量と可変容量（RF容量）との容量相関性がセルフアクチエーションの影響で変動することを防ぐことができ、可変容量（RF容量）の制御精度を高いものにすることが可能な構成の可変容量装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] この発明の可変容量装置は、支持板と可動梁と駆動容量部と可変容量部とを備える。可動梁は可動部とアンカー部と連結部とを備える。可動部は支持

板に対向して支持され、アンカー部は支持板に固定され、連結部はアンカー部と可動部とを連結する。駆動容量部は、可動部と支持板との対向領域に、支持板に近接するように可動部を変形させる静電力を生じさせる。可変容量部は、可動部と支持板との対向領域に、可動部と支持板とが近接する状態に応じて容量の大きさが変化する。駆動容量部と可変容量部とは、可動梁の梁幅方向に隣接するように配置される。このような構成において、連結部は、駆動容量部の可変容量部側の端部に重なる位置、または、前記端部よりも可変容量部側の位置で可動部に連結される。

[0010] 通常、可変容量装置にはバイアス電圧の印加により駆動容量が生じるとともに、RF信号の印加によりRF容量も生じる。すると可動梁には、駆動容量による静電引力のほか、RF容量による静電引力も働く。駆動容量部と可変容量部とが梁幅方向に隣接する上記構成では、梁幅方向での静電引力の作用点と連結部の連結位置とにずれが生じるため、可動部には梁幅方向のモーメント荷重が作用する。このモーメント荷重は、可動部を梁幅方向に撓ませることになる。そして、セルフアクチエーションの影響でRF容量による静電引力が変動すれば、可動部における梁幅方向の撓み量も変動する。可動部における梁幅方向の撓み量が増加すれば、駆動容量とRF容量とで容量相関性が増加することになる。

[0011] そこで上述の構成では、可変容量部の近傍に連結部を連結する構成により可変容量部に働く静電引力によるモーメント荷重が低減される。すると、セルフアクチエーションに起因して可変容量部に働く静電引力が増加しても、それによるモーメント加重の変動は抑制される。これにより、可動部における梁幅方向の撓み量が安定し、容量相関性を安定化することができる。

[0012] 上記可変容量装置において、連結部は、駆動容量部の可変容量部側の端部に重なる位置に連結されると好適である。

[0013] 可動梁がアンカー部を支点に変形して可動部と支持板との近接領域が拡大していく際に、連結部まで完全に近接状態にすることは難しく、可動部における連結部との連結位置周辺は支持板から浮き上がりやすい。したがって、

仮に可変容量部に連結部が連結されていれば可変容量部を完全に支持板に近接状態にすることが難しく、R F 容量の最大値が低減する要因に成ってしまう。そこで上記構成では、可動部と連結部とを連結する位置を、可変容量部からは外れるが可変容量部に近い位置とすることで、R F 容量の最大値が低減することを防いでR F 容量の最大値を高めながら、容量相関性を安定させることができる。

[0014] 上記可変容量装置において、可動部は、駆動容量部の形成領域がアンカー部側に突出すると好適である。この構成では、R F 容量の最大値が低減することをより確実に防ぐことができる。

[0015] 上記可変容量装置において、連結部は駆動容量部の可変容量部側を向く側面に連結されると好適である。この構成では、容量相関性をより安定させることができる。

発明の効果

[0016] この発明によれば、可動部における可変容量部の近傍に連結部を連結することによって、可動容量部に働く静電引力の変動によるモーメント加重の変動を抑制することができ、可動部の梁幅方向の撓み量と容量間相関性とを安定化することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の実施形態に係る可変容量装置の模式図である。

[図2]可動梁の変形態様について説明するコンター図である。

[図3]駆動容量とR F 容量との関係を説明するグラフである。

[図4]容量相関性に係る相関係数を説明するグラフである。

[図5]R F 容量の最大値について説明するコンター図である。

[図6]バイアス電圧とR F 容量との関係、およびバイアス電圧と駆動容量との関係を説明するグラフである。

[図7]本発明の他の実施例に係る可変容量装置の可動梁の構成を説明する模式図である。

[図8]本発明のさらに他の実施例に係る可変容量装置の構成を説明する図であ

る。

[図9]可変容量装置のパッケージ構成例を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の実施形態に係る可変容量装置の構成例について図を参照して説明する。なお、各図中に、可動梁の厚み方向をZ軸方向、可動梁の長さ方向をX軸方向、可動梁の幅方向をY軸方向とする、直交座標形のX-Y-Z軸を付記する。

[0019] 図1(A)は、本実施形態に係る可変容量装置1の平面図(X-Y面平面図)である。図1(B)は、図1(A)中にA-A'で示す位置での可変容量装置1の断面図(X-Z面断面図)である。図1(C)は、図1(A)中にB-B'で示す位置での可変容量装置1の断面図(Y-Z面断面図)である。

[0020] 可変容量装置1は、印加されるバイアス電圧に応じてRF容量値が連続的に変化するものである。図1に示すように、可変容量装置1は、支持板2と、可動梁3と、支持板側RF容量電極4A、4Bと、支持板側駆動容量電極5A、5Bと、可動梁側RF容量電極6と、可動梁側駆動容量電極7A、7Bと、誘電体膜8とを備える。

[0021] 支持板2は、天面(X-Y面、Z軸正方向)形状が矩形のガラス基板からなる。なお、支持板2は、シリコン単結晶基板などの他の絶縁性基板からなるものであってもよい。支持板2の天面には、支持板側RF容量電極4A、4Bと、支持板側駆動容量電極5A、5Bと、誘電体膜8とが形成されている。支持板側RF容量電極4A、4Bと支持板側駆動容量電極5A、5Bとは、X軸方向に長尺な線路状電極であり、Y軸方向に配列して設けられている。

[0022] 支持板側駆動容量電極5A、5Bは、支持板側RF容量電極4A、4BのY軸方向の両脇に設けられていて、一方の端部がバイアス電圧制御回路に接続されている。支持板側RF容量電極4A、4Bは、支持板側駆動容量電極5A、5Bの間に設けられている。支持板側RF容量電極4Aの一方の端部

は R F 信号の入力端子（または出力端子）R F に接続され、支持板側 R F 容量電極 4 B の一方の端部は R F 信号の出力端子（または入力端子）R F に接続されている。誘電体膜 8 は、支持板側 R F 容量電極 4 A、4 B と支持板側駆動容量電極 5 A、5 B をと覆うように形成されている。

[0023] 誘電体膜 8 は、100 nm ～ 300 nm の厚さを有し、天面形状が矩形に形成されている。誘電体膜 8 は、五酸化タンタルからなる。誘電体膜 8 は、必要な R F 容量値に応じて、SiN、SiO₂、Al₂O₃、AlN、チタン酸バリウム、ダイヤモンドなどの絶縁性に優れた誘電体材料により構成することができる。

[0024] 可動梁 3 は、側面（X-Z 面）形状が略 L 字状の片持ち梁構造であり、アンカー部 3 A と、2 本の連結部 3 B 1、3 B 2 と、可動部 3 C とを備える。可動梁 3 は、高抵抗シリコン基板（絶縁材料）からなる。なお、可動梁 3 は、片持ち梁構造ではなく両持ち梁構造であってもよい。アンカー部 3 A は、平面視して Y 軸方向に長尺な矩形状であり、下面（Z 軸負方向）で支持板 2 に固定されている。アンカー部 3 A は、可動梁 3 の X 軸負方向端部に設けられている。連結部 3 B 1、3 B 2 は、それぞれ平面視して X 軸に対して蛇行するミアンドライン状であり、アンカー部 3 A の Y 軸方向両端からそれぞれ X 軸正方向に立設する。可動部 3 C は、平面視して、X 軸方向に長尺な平板状であり、可動梁 3 の X 軸正方向端部に設けられている。可動部 3 C は、X 軸負方向の端部で連結部 3 B 1、3 B 2 に連結されている。連結部 3 B 1、3 B 2 と可動部 3 C とは、支持板 2 に対向した状態でアンカー部 3 A によって支持される。また、可動部 3 C は、X 軸を中心に線対称形に構成されていて、2 つの分割領域 3 D を有する。分割領域 3 D は、それぞれ X 軸に沿って複数の貫通孔が配列された領域である。可動部 3 C は、2 つの分割領域 3 D によって区画された 3 つの領域を有し、そのうち両外側の領域は、アンカー部 3 A 側の端部が中央の領域よりも突出し、突出部分の内側側面（法線 Y 軸方向）に連結部 3 B 1、3 B 2 が接続されている。

[0025] 可動梁側 R F 容量電極 6 および可動梁側駆動容量電極 7 A、7 B は、X 軸

方向に長尺な線路状電極であり、Y軸方向に配列して設けられている。可動梁側RF容量電極6および可動梁側駆動容量電極7A、7Bは、タングステンからなる。可動梁側駆動容量電極7A、7Bは、可動梁側RF容量電極6のY軸方向の両脇に設けられている。可動梁側駆動容量電極7Aは、支持板側駆動容量電極5Aおよび誘電体膜8と対向するように設けられている。可動梁側駆動容量電極7Bは、支持板側駆動容量電極5Bおよび誘電体膜8と対向するように設けられている。可動梁側駆動容量電極7A、7Bは、アンカ一部3Aおよび連結部3B1、3B2の下面に設けられた配線によって互いに接続されるとともに、接地端子GNDに接続されている。可動梁側RF容量電極6は、可動梁側駆動容量電極7A、7Bの間に設けられている。具体的には、可動梁側RF容量電極6は、支持板側RF容量電極4A、4Bおよび誘電体膜8と対向するように設けられている。可動梁側RF容量電極6および可動梁側駆動容量電極7A、7Bは、タングステンに限らず、膜応力が調整でき、かつ低抵抗な材料によって構成されていることが好ましく、特に、タングステンやモリブデンのように可動梁3を構成している高抵抗シリコン基板と近い線膨張係数を有する材料によって構成されていることが好ましい。また、可動梁側RF容量電極6および可動梁側駆動容量電極7A、7Bと可動梁3との間には、熱酸化膜が形成されていることが好ましい。熱酸化膜により、絶縁抵抗を大きくすることができる。可動梁側RF容量電極6および可動梁側駆動容量電極7A、7Bと熱酸化膜との間に、Cr、Ti、Taからなる密着性向上膜が形成されていることがより好ましい。

[0026] 可動梁側駆動容量電極7Aは、支持板側駆動容量電極5Aと誘電体膜8とに対向している。可動梁側駆動容量電極7Bは、支持板側駆動容量電極5Bと誘電体膜8とに対向している。可動梁側駆動容量電極7Aは、支持板側駆動容量電極5Aおよび誘電体膜8の対向する領域とともに駆動容量部C2Aを構成している。可動梁側駆動容量電極7Bは、支持板側駆動容量電極5Bおよび誘電体膜8の対向する領域とともに駆動容量部C2Bを構成している。バイアス電圧制御回路から支持板側駆動容量電極5A、5Bにバイアス電

圧（駆動DC電圧）が印加されると、駆動容量部C2A、C2Bにおいて静電引力が発生する。駆動容量部C2A、C2Bは、その静電引力により可動梁3を支持板2側に引き付け、可動梁3を先端（X軸正方向側の端部）から誘電体膜8に接触させる。バイアス電圧が高電圧であるほど、可動梁3と誘電体膜8との接触面積は大きくなる。バイアス電圧制御回路は、駆動容量部C2A、C2Bの容量値をモニタして安定化するように、バイアス電圧をフィードバック制御する回路である。

[0027] 可動梁側RF容量電極6は、支持板側RF容量電極4A、4Bと誘電体膜8とに対向している。可動梁側RF容量電極6は、支持板側RF容量電極4A、4Bおよび誘電体膜8の対向する領域とともにRF容量部C1A、C1Bを構成している。RF容量部C1A、C1Bは、可動梁側RF容量電極6と支持板側RF容量電極4A、4Bとの間に形成され、可動梁3の可動部3Cと支持板2とが近接する状態に応じて容量の大きさが変化する可変容量部として機能する。すなわち、RF容量部C1A、C1Bは、可変容量部である。

[0028] なお、駆動容量部C2A、C2Bはバイアス電圧制御回路と接地端子GNDとの間に並列接続されるため、両者を直列接続する構成に比べて単位面積当たりの静電引力が大きく、両者を直列接続する場合よりも電極面積の低減に有利である。一方、RF容量部C1A、C1BはRF信号の入力端子と出力端子との間に直列接続されるため、両者を並列接続する構成に比べて単位面積当たりの静電引力が小さく、両者を並列接続する場合よりもRF信号による可動梁3の変形（セルフアクチエーション）の抑制に有利である。

[0029] 《可動部の変形態様》

次に、可変容量装置における可動梁の変形態様について説明する。

[0030] 図2は、所定のバイアス電圧と大電力のRF信号が印加された状態での可動梁の変形量を示すコンター図である。図2（A）、図2（B）には本発明の実施例に係る可動梁13、23を示しており、図2（C）、図2（D）には比較例に係る可動梁33、43を示している。なお、各図中、共通する部

位には同一の符号を付している。

[0031] 図2 (A) ~ (D) に示す可動梁13は、23, 33, 43において、可動部3Cが、駆動容量部形成領域3C1, 3C2と、RF容量部形成領域3C3と、分割領域3Dとによって構成されている。RF容量部形成領域3C3は、可変容量部形成領域である。駆動容量部形成領域3C1, 3C2と、RF容量部形成領域3C3と、分割領域3Dとは、それぞれX軸方向に長尺である。駆動容量部形成領域3C1とRF容量部形成領域3C3との間に分割領域3Dが配置されており、駆動容量部形成領域3C2とRF容量部形成領域3C3との間に分割領域3Dが配置されている。駆動容量部形成領域3C1, 3C2は、アンカー部3A側 (X軸負方向) の端部がRF容量部形成領域3C3よりも突出しており、突出部分に連結部3B1, 3B2が接続されている。

[0032] 図2 (A) に示す可動梁13において、可動部3Cと連結部3B1, 3B2との連結位置は、駆動容量部形成領域3C1, 3C2の突出部分の内側側面 (RF容量部形成領域3C3側の側面) である。この場合、可動部3Cの梁幅方向の撓みはあまり起こっていない。

[0033] 図2 (B) に示す可動梁23は、可動部3Cと連結部3B1, 3B2との連結位置が可動梁13と相違する構成であり、可動部3Cと連結部3B1, 3B2との連結位置は、アンカー部3A側 (X軸負方向) の端部側面における、駆動容量部形成領域3C1, 3C2の突出部分の内側側面 (RF容量部形成領域3C3側の側面) の縁に重なる領域である。この場合にも、可動部3Cの梁幅方向の撓みはほとんど起こっていない。

[0034] 図2 (C), (D) に示す可動梁33, 43も可動部3Cと連結部3B1, 3B2との連結位置が可動梁13と相違する構成であり、可動部3Cと連結部3B1, 3B2との連結位置は、駆動容量部形成領域3C1, 3C2の外側側面 (RF容量部形成領域3C3とは逆側の側面) である。この場合、可動部3Cの中央が大きく撓んでいる。

[0035] このように、大電力のRF信号が印加された状態では、可動部3Cと連結

部 3 B 1, 3 B 2 との連結位置の違いによって可動部 3 C の梁幅方向での変形量が異なる。これは、セルフアクチエーションによる静電引力が R F 容量部形成領域 3 C 3 に作用し、その静電引力の作用点と上記連結位置との距離によって、モーメント加重が変化するためと考えられる。したがって、本発明の実施例に係る可動梁 1 3, 2 3 のように、セルフアクチエーションによる静電引力の作用点である R F 容量部形成領域 3 C 3 の近傍を上記連結位置とすることにより、R F 容量部形成領域 3 C 3 に作用する静電引力による可動部 3 C の梁幅方向の撓み量を抑制することができる。

[0036] 《容量相関性》

次に、可変容量装置における駆動容量と R F 容量との容量相関性について説明する。

[0037] 図 3 は図 2 に示した構成例ごとに駆動容量と R F 容量との関係を説明するグラフであり、図 4 は図 2 に示した構成例の間での容量相関性に係る相関係数の差を説明するグラフである。

[0038] 図 3 (A) ~ 図 3 (D) のそれぞれには、R F 信号を印加していない状態 ($DC = 0 V$) と、大電力の R F 信号を印加している状態 ($DC = 20 V$) とでの駆動容量と R F 容量との関係を示している。いずれの構成例でも、R F 信号を印加していない状態よりも大電力の R F 信号を印加している状態では、セルフアクチエーションの作用によって R F 容量が増大している。

[0039] 図 4 には、図 3 に示したグラフにおける R F 信号を印加していない状態 ($DC = 0 V$) と、大電力の R F 信号を印加している状態 ($DC = 20 V$) とでの、容量相関性に係る相関係数を示している。R F 信号を印加していない状態 ($DC = 0 V$) では、本発明の実施例 (可動梁 1 3, 2 3) でも比較例 (可動梁 3 3, 4 3) でも、相関係数が略 1.00 であるが、大電力の R F 信号を印加している状態 ($DC = 20 V$) では、本発明の実施例 (可動梁 1 3, 2 3) での相関係数が略 1.00 であるのに対して、比較例 (可動梁 3 3, 4 3) での相関係数が大きく低下していることがわかる。

[0040] このように、比較例 (可動梁 3 3, 4 3) ではセルフアクチエーションの

影響によって相関係数が変動するのに対して、本発明の実施例（可動梁 1 3， 2 3）では相関係数がセルフアクチエーションの影響を殆ど受けず、容量相関性を安定したものにする事ができる。このことから、本発明に係る可変容量装置では、R F 容量の制御精度を高いものにする事が可能といえる。

[0041] 《R F 容量の最大値》

次に、可変容量装置における R F 容量の最大値について説明する。

[0042] 図 5 は可動梁の変形量を示すコンター図であり、具体的にはバイアス電圧を最大化した状態での可動梁の変形量を示している。図 5（A）には本発明の実施例に係る可動梁 5 3 を示しており、図 5（B）には比較例に係る可動梁 6 3 を示している。なお、各図中、共通する部位には同一の符号を付している。

[0043] 可動梁 5 3 において、可動部 3 C と連結部 3 B 1， 3 B 2 との連結位置は、駆動容量部形成領域 3 C 1， 3 C 2 の突出部分の内側側面（R F 容量部形成領域 3 C 3 側の側面）である。可動梁 6 3 において、可動部 3 C と連結部 3 B 1， 3 B 2 との連結位置は、R F 容量部形成領域 3 C 3 である。

[0044] バイアス電圧を最大化（D C = 5 0 V 印加状態を図示）すると、可動梁 5 3 と可動梁 6 3 とにおける駆動容量部形成領域 3 C 1， 3 C 2 が全長に亘って支持板 2 に近接した状態となり、R F 容量部形成領域 3 C 3 における変形量と R F 容量とが最大化する。この際、可動部 3 C と連結部 3 B 1， 3 B 2 との連結位置近傍は、完全に近接した状態にはならず、支持板 2 から浮き上がった状態となる。

[0045] このため、図 5 に示すように、可動梁 5 3 では R F 容量部形成領域 3 C 3 が全長に亘って支持板 2 に近接した状態に成るのに対して、可動梁 6 3 では R F 容量部形成領域 3 C 3 の一端近傍が支持板 2 から浮き上がった状態となる。

[0046] 図 6 は、バイアス電圧と R F 容量との関係、およびバイアス電圧と駆動容量との関係を説明するグラフである。図 6 において、A は図 5（A）に示す

可動梁 5 3 であり、B は図 5 (B) に示す可動梁 6 3 である。

[0047] 図 6 に示すように、同じ値のバイアス電圧を印可した場合、本発明の実施例に係る可動梁 5 3 の方が比較例に係る可動梁 6 3 よりも R F 容量が大きくなっている。可動梁 5 3 のように R F 容量部形成領域 3 C 3 が全長に亘って支持板 2 に近接した状態になれば、可変容量装置として実現可能な R F 容量の最大値が大きくなる。一方、可動梁 6 3 のように R F 容量部形成領域 3 C 3 の一端近傍が支持板 2 から浮き上がった状態になれば、可変容量装置として実現可能な R F 容量の最大値が小さくなってしまう。

[0048] このことから、本発明に係る可変容量装置では、梁幅方向を視て、連結部 3 B 1, 3 B 2 が駆動容量部 C 2 A, C 2 B の R F 容量部 C 1 A, C 1 B 側の端部に重なる位置、または、駆動容量部 C 2 A, C 2 B の R F 容量部 C 1 A, C 1 B 側の端部よりも R F 容量部 C 1 A, C 1 B 側で R F 容量部 C 1 A, C 1 B から外れた位置で可動部 3 C に連結されることにより、駆動容量と R F 容量との容量相関性を高めたまま、R F 容量の最大値を大きくすることが可能といえる。

[0049] 《その他の実施例》

図 7 は、本発明の他の実施例に係る可変容量装置の可動梁の構成を説明する概略図である。

[0050] 図 7 (A) ~ (C) に示す可動梁 7 3, 8 3, 9 3 は、1 つの連結部 3 B によってアンカー部 3 A と可動部 3 C とを連結する構成である。可動部 3 C は、1 つの駆動容量部形成領域 3 C 1 と、1 つの R F 容量部形成領域 3 C 3 とを備える。図 7 (A) に示す可動梁 7 3 において、可動部 3 C と連結部 3 B との連結位置は、駆動容量部形成領域 3 C 1 の R F 容量部形成領域 3 C 3 側の辺縁に重なる位置である。この構成では、R F 容量の最大値が低減する可能性は残るが、少なくとも駆動容量と R F 容量との容量相関性を高めることができる。

[0051] 図 7 (B) に示す可動梁 8 3 は、上記可動梁 7 3 とは可動部 3 C と連結部 3 B との連結位置が相違しており、駆動容量部形成領域 3 C 1 と R F 容量部

形成領域 3 C 3 との間の間隙に重なる位置である。この構成では、上記可動梁 7 3 よりも R F 容量の最大値を高めることが可能である。

[0052] 図 7 (C) に示す可動梁 9 3 は、上記可動梁 7 3 とは可動部 3 C の形状が相違しており、可動部 3 C における駆動容量部形成領域 3 C 1 が R F 容量部形成領域 3 C 3 よりも連結部 3 B 側に突出する構成である。そして、可動部 3 C と連結部 3 B との連結位置が、突出する駆動容量部形成領域 3 C 1 の側壁面である。この構成では、上記可動梁 8 3 よりも R F 容量の最大値をさらに高めることが可能である。

[0053] 次に、通信装置のアンテナに接続されてインピーダンスマッチングに用いられる VMD (Variable Matching Device) 装置について説明する。

[0054] 図 8 (A) は、VMD 装置 1 1 1 の等価回路図である。VMD 装置 1 1 1 は、可変容量装置アレイ 1 0 0 と、インダクタ L とを備える。可変容量装置アレイ 1 0 0 は、可変容量装置 1 0 1 A, 1 0 1 B を備える。可変容量装置 1 0 1 A は、外部負荷 1 1 2 A とインダクタ L との間を接続する信号ラインとグラウンドとの間に接続されている。可変容量装置 1 0 1 B は、アンテナ 1 1 2 B とインダクタ L との間を接続する信号ラインとグラウンドとの間に接続されている。可変容量装置 1 0 1 A, 1 0 1 B は、インダクタ L を介して互いに接続されている。インダクタ L の両端に、外部負荷 1 1 2 A とアンテナ 1 1 2 B とが接続されている。VMD 装置 1 1 1 では、可変容量装置 1 0 1 A, 1 0 1 B の R F 容量を制御することにより、外部負荷 1 1 2 A とアンテナ 1 1 2 B とのインピーダンスをマッチングさせることができる。

[0055] 図 8 (B)、図 8 (C) は、可変容量装置アレイ 1 0 0 の構成を説明する図である。具体的には、図 8 (B) は、可変容量装置アレイ 1 0 0 の平面図 (X-Y 面平面図) である。図 8 (C) は、図 8 (B) 中に C-C' で示す位置での可変容量装置アレイ 1 0 0 の断面図 (Y-Z 面断面図) である。ここで可変容量装置アレイ 1 0 0 は 2 組の可変容量装置 1 0 1 A, 1 0 1 B を単一の支持板 1 0 2 に設けたパッケージ構成のものである。なお、図中、可

変容量装置 101B は可動梁の図示を省いている。

[0056] 可変容量装置 101A, 101B はそれぞれ、可動梁 103 と、支持板側 RF 容量電極 104A, 104B と、支持板側駆動容量電極 105A, 105B と、可動梁側 RF 容量電極 106 と、可動梁側駆動容量電極 107A, 107B と、誘電体膜 108A~108E と、同電位電極 109 とを備える。

[0057] 可変容量装置 101A, 101B において、可動梁 103 は、本発明の特徴を持つ構成であり、連結部と可動部との連結位置が RF 容量部形成領域の近傍である。支持板側 RF 容量電極 104A, 104B と可動梁側 RF 容量電極 106 とは、対向する誘電体膜 108C とともに RF 容量部を構成する。支持板側駆動容量電極 105A, 105B と可動梁側駆動容量電極 107A, 107B とは、対向する誘電体膜 108B, 108D とともに駆動容量部を構成する。同電位電極 109 は、可動梁側駆動容量電極 107A, 107B に対向するように、支持板側駆動容量電極 105A, 105B の両脇に設けられ、可動梁側駆動容量電極 107A, 107B と同電位にされる。誘電体膜 108A, 108C, 108E は、誘電体膜 108B, 108D が可動梁側駆動容量電極 107A, 107B と間隔を隔てて対向するように、部分的に厚く構成されている。可変容量装置 101A, 101B においては、同電位電極 109 を設けるとともに、誘電体膜 108B, 108D が可動梁側駆動容量電極 107A, 107B と接触しないようにすることで、バイアス電圧によって誘電体膜 108B, 108D が帯電することを防いでいる。

[0058] 図 9 は、可変容量装置アレイ 100 のパッケージ構造 (Wafer Level Chip Size Package) を説明する図である。具体的には、図 9 は、図 8 (B) 中に D-D' で示す位置での可変容量装置アレイ 100 の断面図 (X-Z 面断面図) である。ここでは、ガラス基板からなる支持板 102 と高抵抗シリコン基板からなる可動梁 103 との間を、Au からなるアンカー部 103A1, 103A2 の熱圧着により接合している。また、可変容量装置アレイ 100 は、ガラス基板からなるパッケージ蓋板 102A

を備え、パッケージ蓋板 102A と支持板 102 との間を、Au からなる支持部材 102B1, 102B2 の熱圧着により接合している。

[0059] このような構成により、パッケージ内部空間を減圧雰囲気に保持できるとともに、可動梁 103 側から支持板 102 に引き回す電極の抵抗を、Au-Au 接合を介することによって、低くすることができる。なお、支持板 102 とパッケージ蓋板 102A とは、シリコン基板からなるものであってもよく、その場合、 $1\text{ k}\Omega\text{ cm}$ 以上の抵抗率を持つことが好ましい。

[0060] 以上のような各種構成であっても本発明は実施できる。RF 容量部形成領域の近傍を可動部と連結部との連結位置とすることにより、セルフアクチベーションにより RF 容量部形成領域に作用する静電引力の変動による、可動部の梁幅方向の撓みを抑制して、駆動容量と RF 容量との容量相関性を改善することができる。

[0061] なお、上述の各実施形態では可動梁として片持ち梁構成のものを説明したが、本発明は両持ち梁構成の可動梁に対しても同様に実施することができる。また、可動梁を絶縁性のものとして、別途電極を形成して駆動容量部と RF 容量部とを構成する構成を示したが、導電性の可動梁に対しても同様に実施することができる。その他、多様な構成で本発明は実施でき、本発明の範囲は上述の実施形態の記載に制限されるものではない。本発明の範囲は特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0062] C1A, C1B…RF 容量部
C2A, C2B…駆動容量部
1, 101A, 101B…可変容量装置
2, 102…支持板
3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83, 93, 103…可動梁
3A…アンカー部

3 B, 3 B 1, 3 B 2 … 連結部
3 C … 可動部
3 C 1, 3 C 2 … 駆動容量部形成領域
3 C 3 … R F 容量部形成領域
3 D … 分割領域
4 A, 4 B … 支持板側 R F 容量電極
5 A, 5 B … 支持板側駆動容量電極
6 … 可動梁側 R F 容量電極
7 A, 7 B … 可動梁側駆動容量電極
8 … 誘電体膜
1 0 0 … 可変容量装置アレイ

請求の範囲

[請求項1]

支持板と、

前記支持板に対向して支持される可動部と、前記支持板に固定されるアンカー部と、前記アンカー部と前記可動部とを連結する連結部とを備える可動梁と、

前記可動部と前記支持板との対向領域に、前記支持板に近接するように前記可動部を変形させる静電力を生じさせる駆動容量部と、

前記可動部と前記支持板との対向領域に、前記可動部と前記支持板とが近接する状態に応じて容量の大きさが変化する可変容量部と、を備え、

前記駆動容量部と前記可変容量部とは、前記可動梁の梁幅方向に隣接するように配置され、

前記連結部は、前記駆動容量部の前記可変容量部側の端部に重なる位置、または、前記端部よりも前記可変容量部側の位置で前記可動部に連結される、可変容量装置。

[請求項2]

前記連結部は、前記駆動容量部の前記可変容量部側の端部に重なる位置に連結される、請求項1に記載の可変容量装置。

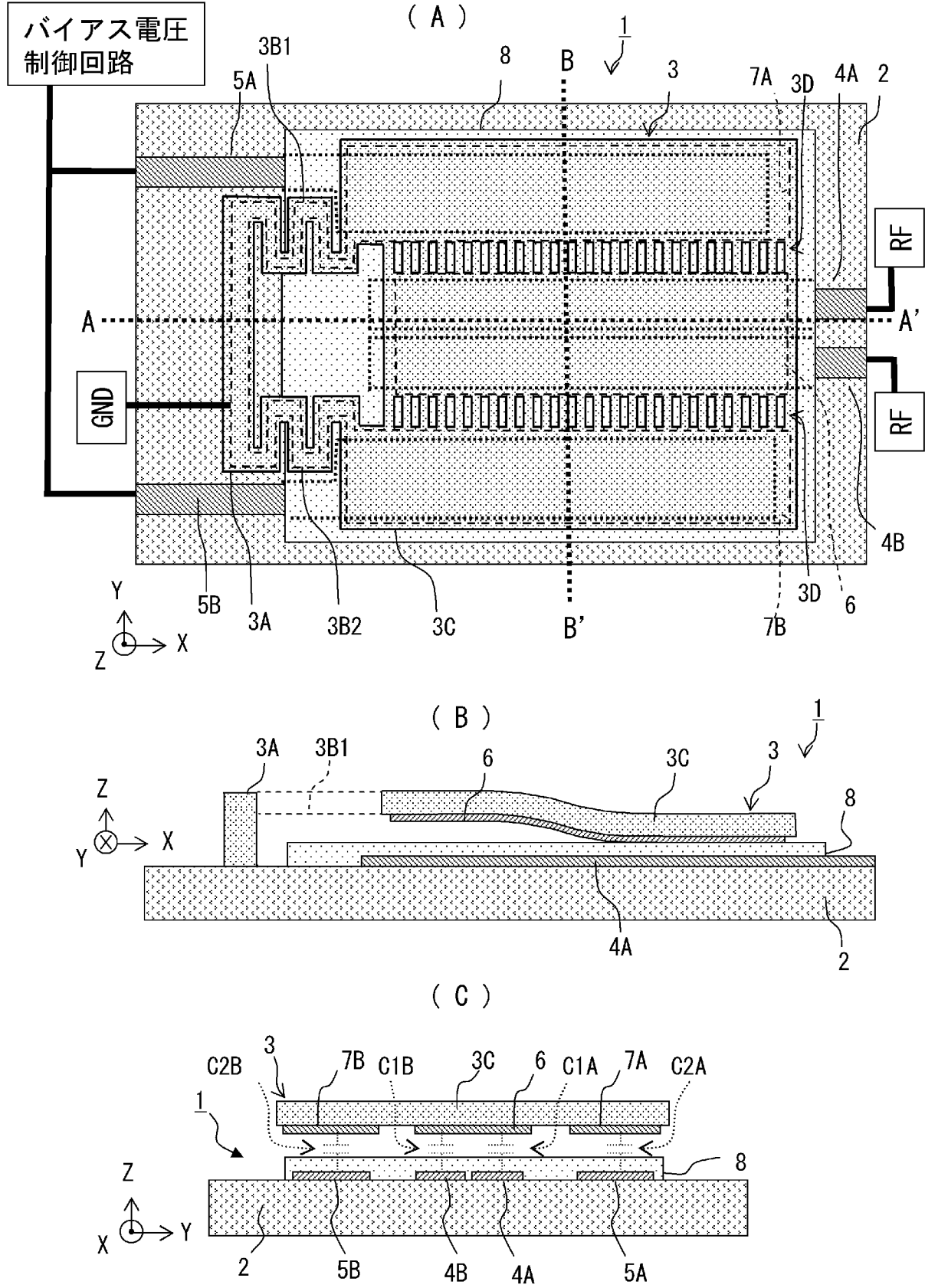
[請求項3]

前記可動部は、前記駆動容量部の配置領域が前記アンカー部側に突出する、請求項2に記載の可変容量装置。

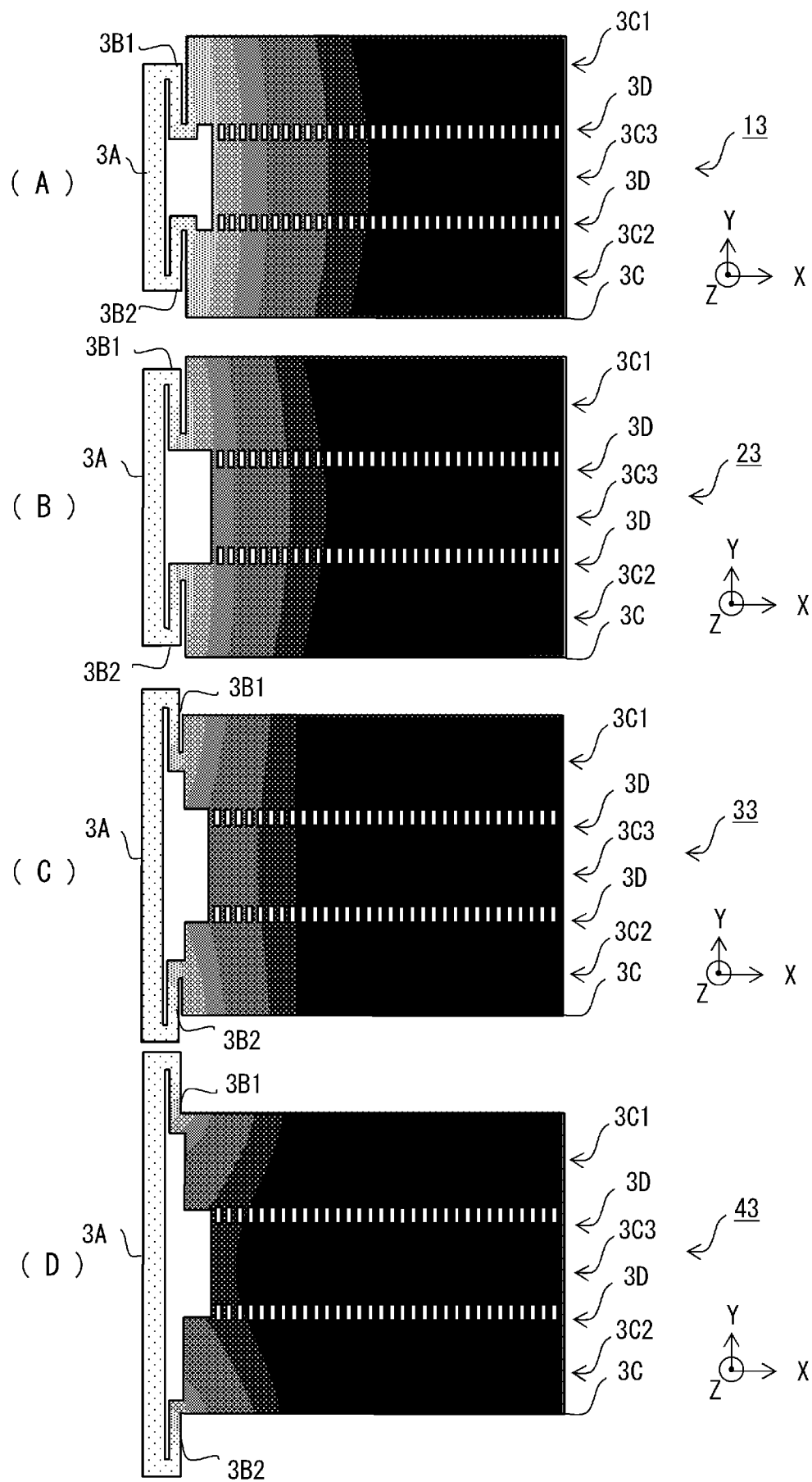
[請求項4]

前記連結部は前記駆動容量部の配置領域の前記可変容量部側を向く側面に連結される、請求項3に記載の可変容量装置。

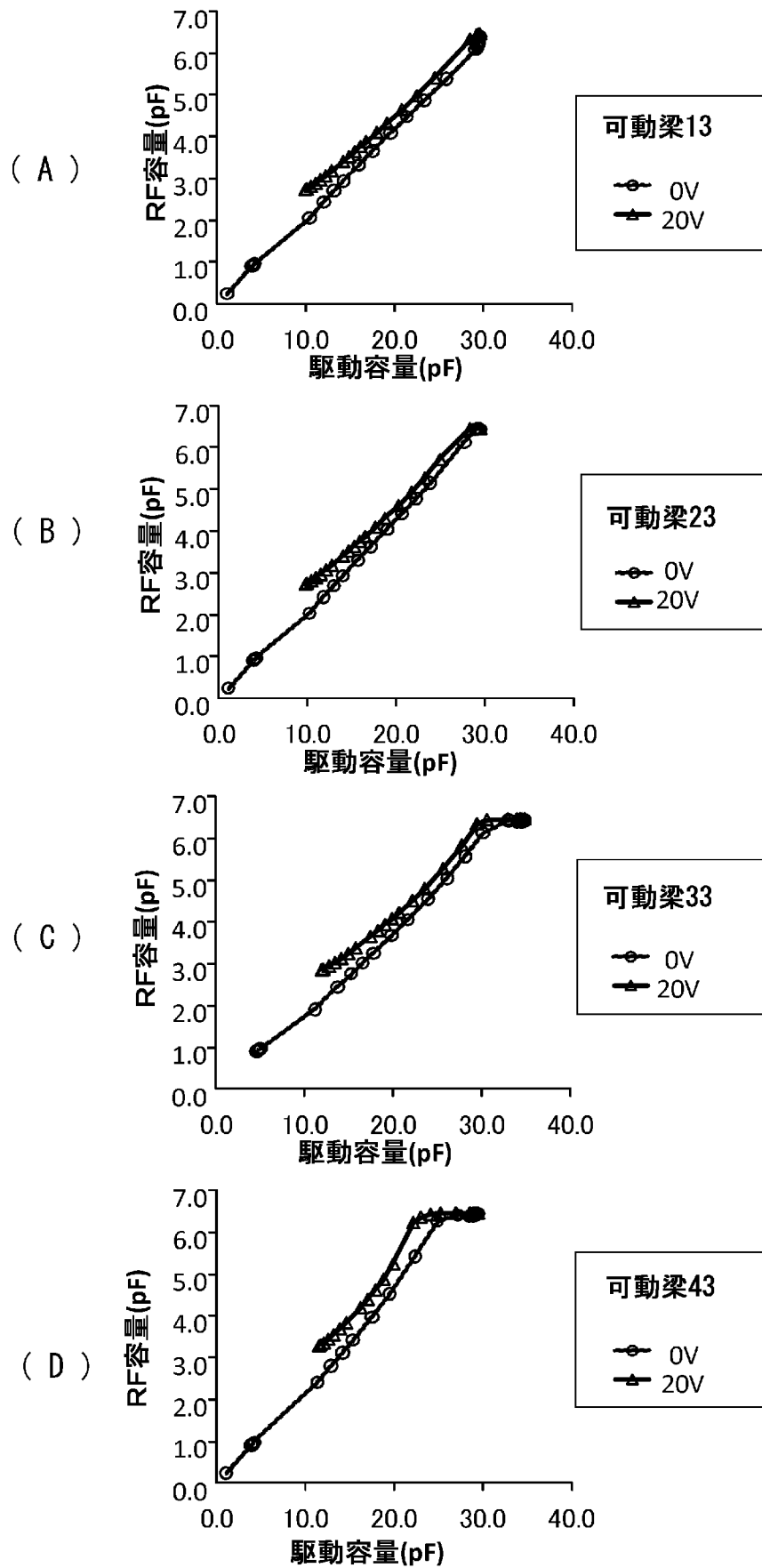
[図1]



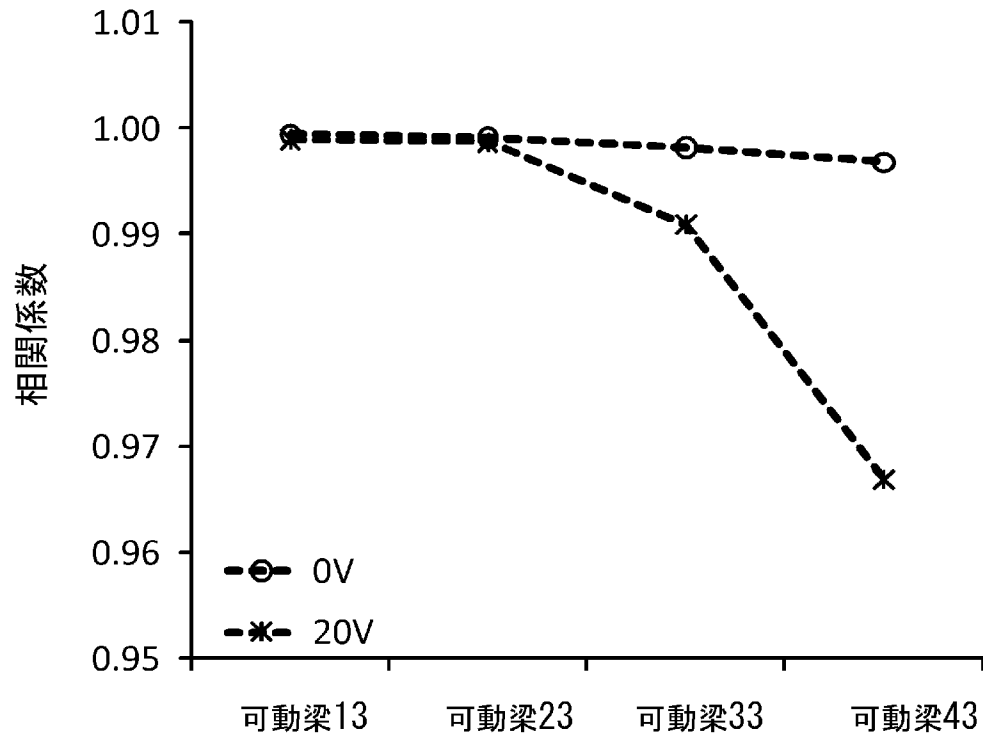
[図2]



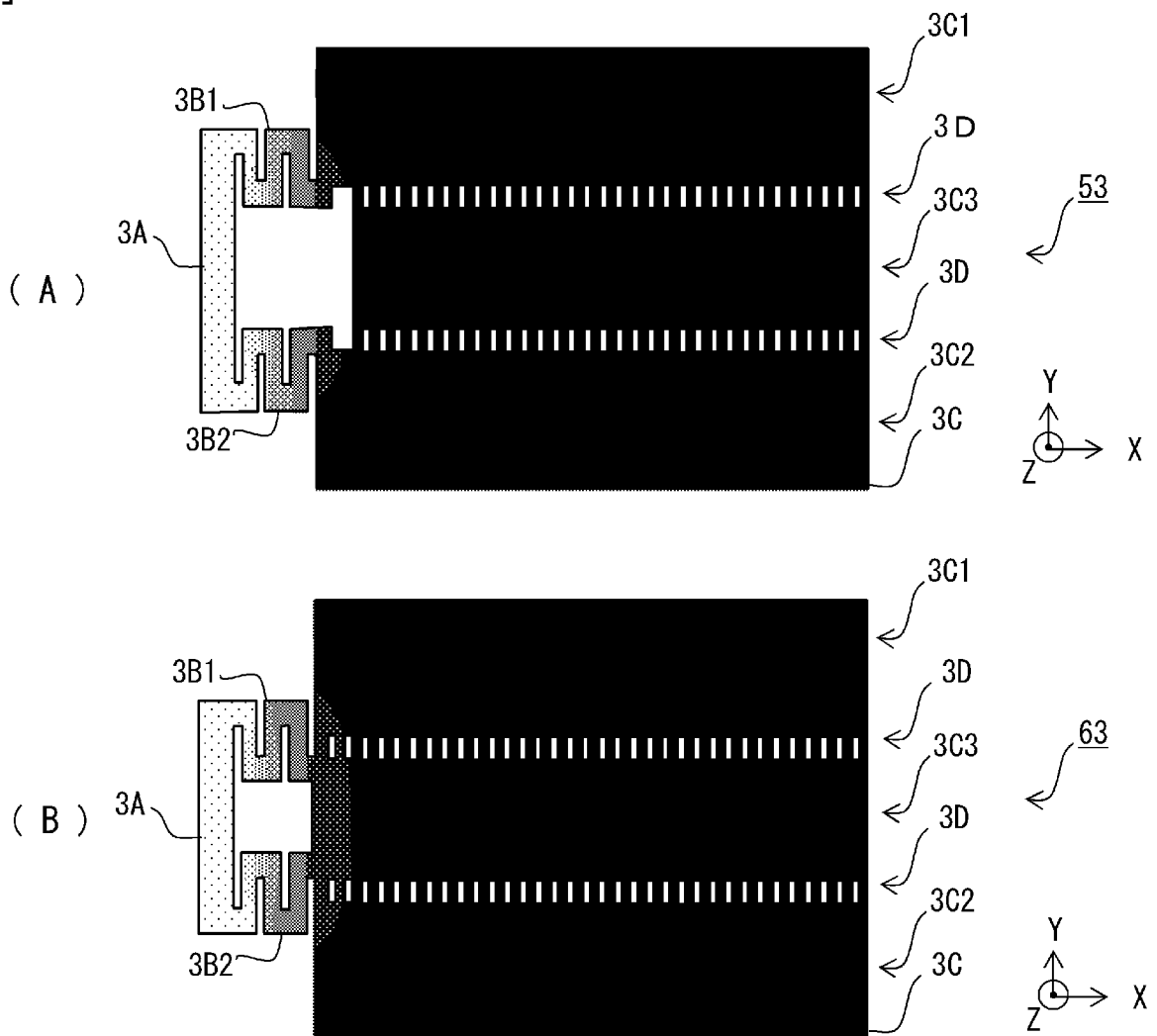
[図3]



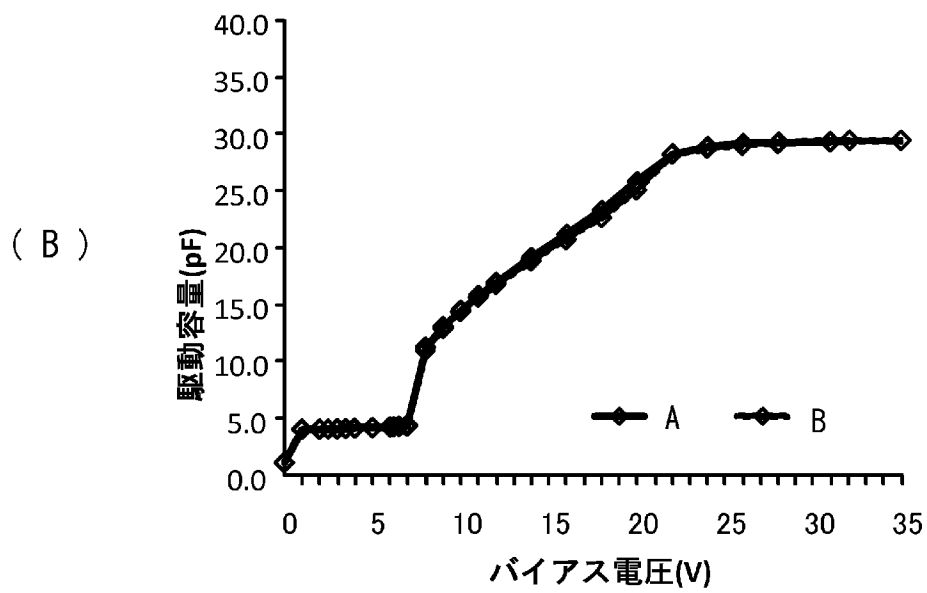
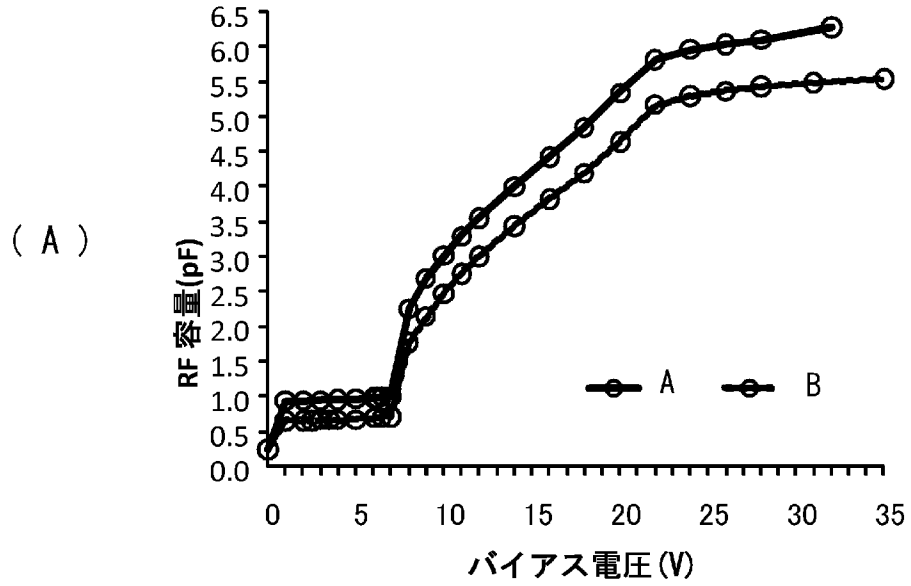
[図4]



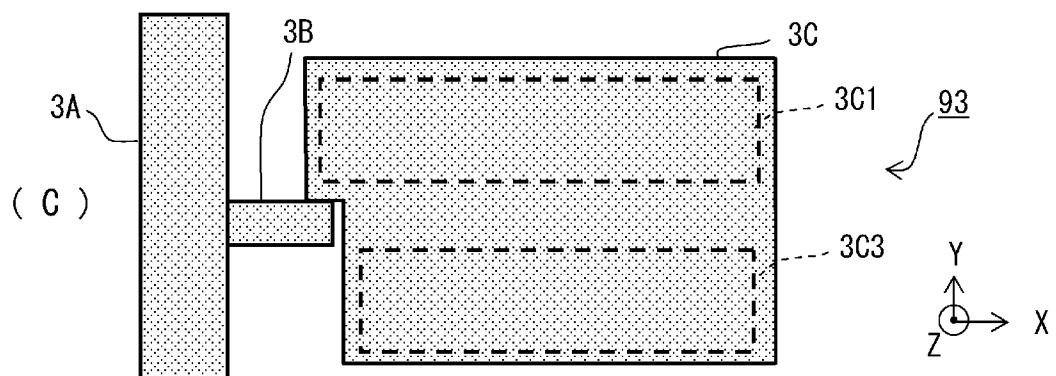
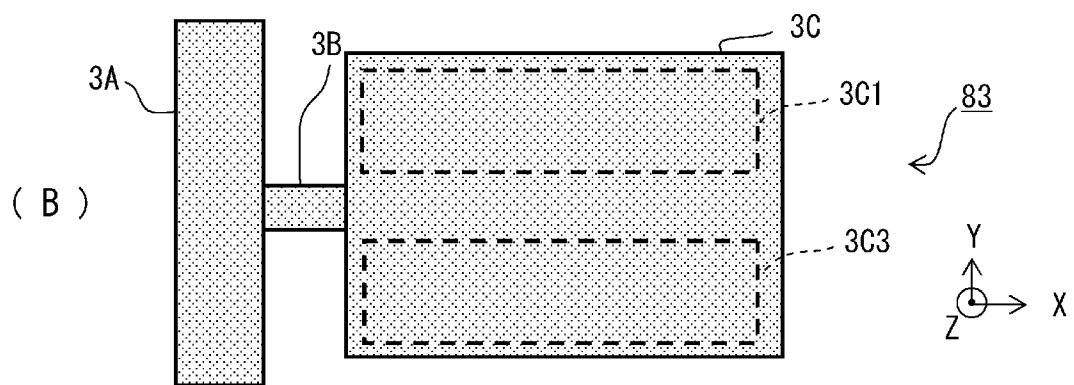
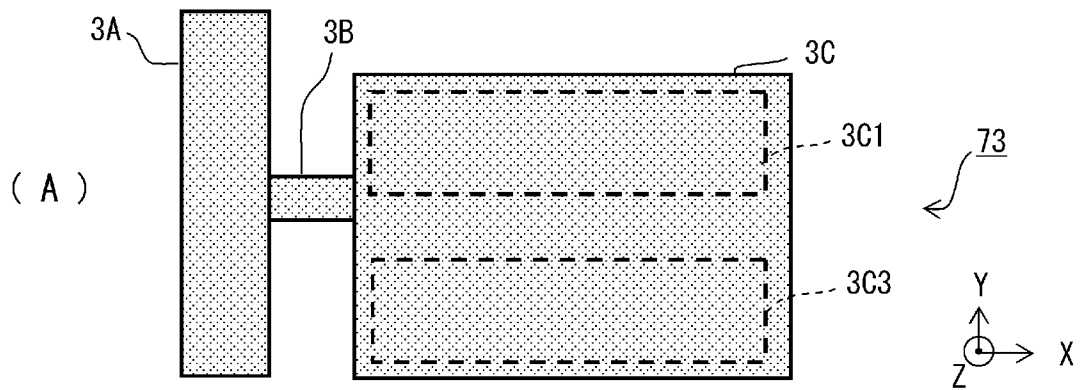
[図5]



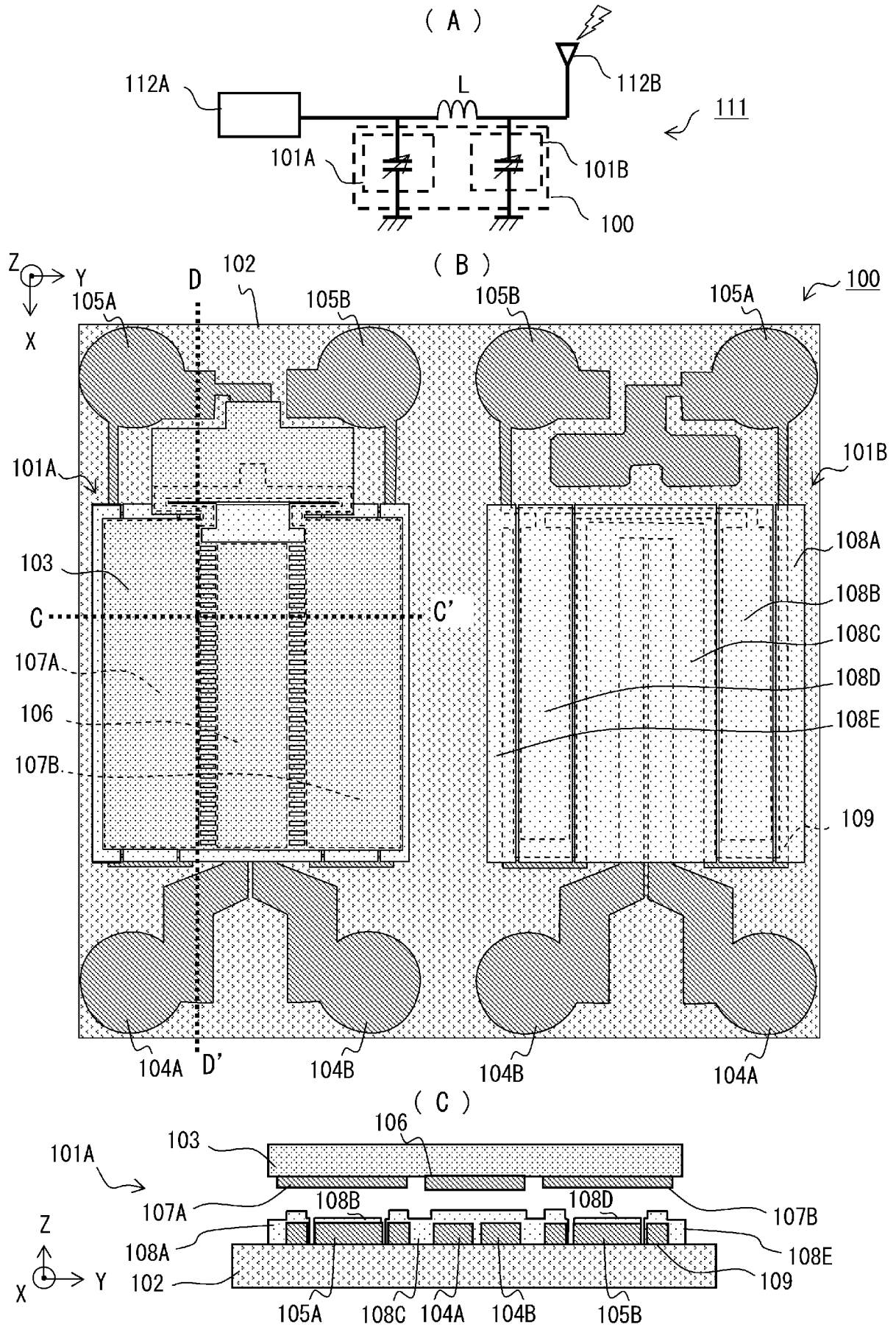
[図6]



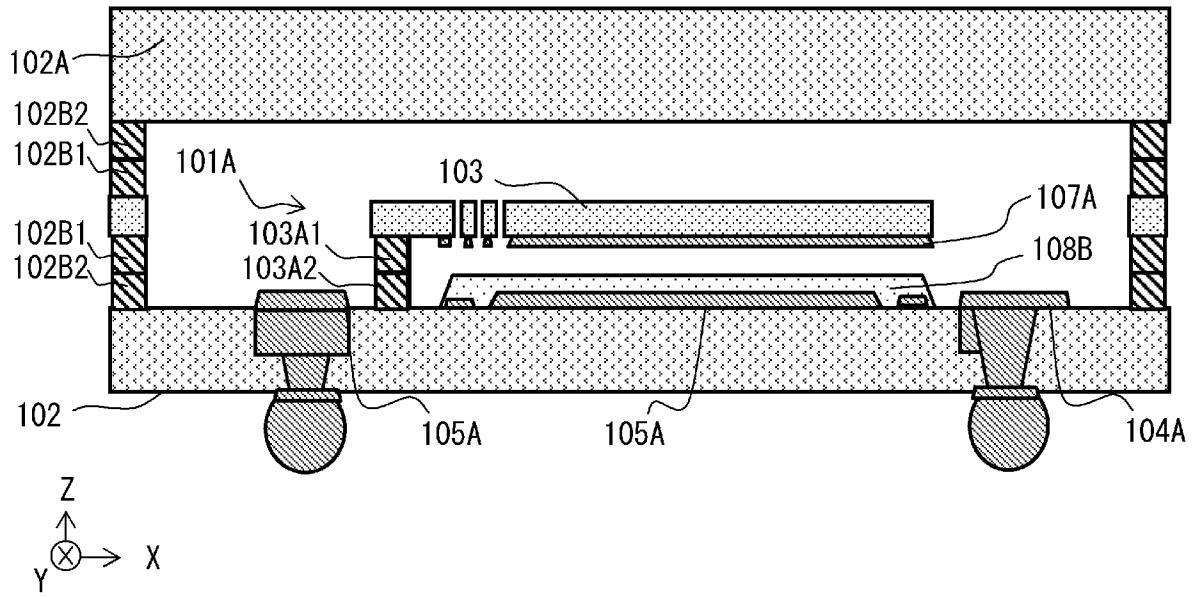
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/073491

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01G5/16(2006.01) i, B81B3/00(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)

H01G5/16, B81B3/00

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2003-124063 A (Sony Corp.), 25 April 2003 (25.04.2003), claims 1, 2, 6; fig. 2, 3 & US 2004/0075158 A1 & US 2005/0180089 A1 & US 2005/0190526 A1 & US 2005/0254195 A1 & WO 2003/034452 A1 & CN 1476619 A	1-3 4
A	JP 09-153436 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 10 June 1997 (10.06.1997), entire text; all drawings (Family: none)	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 December, 2011 (09.12.11)

Date of mailing of the international search report
20 December, 2011 (20.12.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01G5/16(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01G5/16, B81B3/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2003-124063 A (ソニー株式会社) 2003.04.25, 請求項 1, 2, 6, 図 2, 3 & US 2004/0075158 A1 & US 2005/0180089 A1 & US 2005/0190526 A1 & US 2005/0254195 A1 & WO 2003/034452 A1 & CN 1476619 A	1 - 3 4
A	JP 09-153436 A (株式会社村田製作所) 1997.06.10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 4

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

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

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

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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 9 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 0 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

小池 秀介

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 5

5 R

3 6 6 2