

(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
2014年8月14日(14.08.2014)



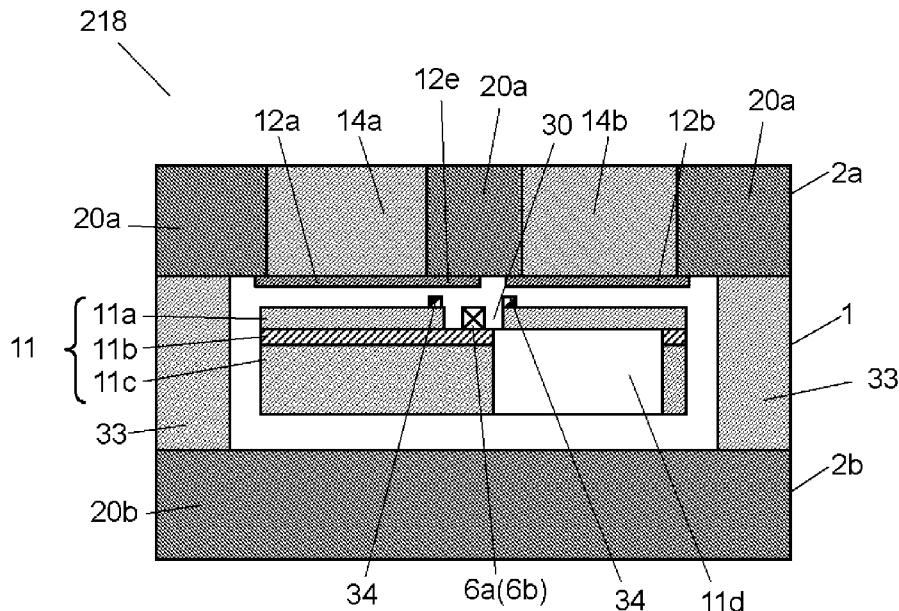
(10) 国際公開番号
WO 2014/122910 A1

- (51) 国際特許分類:
G01P 15/125 (2006.01) *G01P 15/08* (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01) *H01L 29/84* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/000547
- (22) 国際出願日: 2014年2月3日(03.02.2014)
- (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 2013-020990 2013年2月6日(06.02.2013) JP
- (71) 出願人: パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 江田 和夫 (GODA, Kazuo). 田浦 巧 (TAURA, Takumi). 岸本 慎一 (KISHIMOTO, Shinichi). 上田 英喜 (UEDA, Hideki). 森 岳志 (MORI, Takeshi).
- (74) 代理人: 徳田 佳昭, 外 (TOKUDA, Yoshiaki et al.); 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, 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

[続葉有]

(54) Title: MEMS DEVICE

(54) 発明の名称: MEMSデバイス



(57) Abstract: A MEMS device comprises a movable section, a frame, a beam, and an electrode substrate. The frame surrounds the periphery of the movable section. The beam extends from at least a part of the frame and is connected to the movable section. The electrode substrate has a fixed electrode, an extended electrode, and a substrate. The fixed electrode is formed in at least a portion of the region on the electrode substrate facing an oscillating unit. The extended electrode is connected to the fixed electrode and is formed in at least a portion of the region on the electrode substrate facing the shaft.

(57) 要約: MEMSデバイスは、可動部と、フレームと、ビームと、電極基板とを備えている。フレームは可動部の周囲を囲んでいる。ビームは、フレームの少なくとも一部から延伸され、可動部に接続されている。電極基板は、固定電極と、拡張電極と、基板部とを有している。固定電極は、電極基板の、揺動部と対向する領域の少なくとも一部に形成されている。拡張電極は、固定電極と接続されており、かつ電極基板の、軸部と対向する領域の少なくとも一部に形成されている。

WO 2014/122910 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, — 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))
MR, NE, SN, TD, TG).

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：MEMSデバイス

技術分野

[0001] 本技術分野は、MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) デバイスに関する。

背景技術

[0002] 図7は、従来のMEMSデバイスを内蔵したパッケージ1300の内部構造を示す斜視図である。図7では、パッケージ1300の蓋を開けた状態を示している。パッケージ1300は、基板1500の上に実装されている。パッケージ1300には、センサチップ1100と、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などの集積回路1200が実装されている。MEMSデバイスは、センサチップ1100内に収納されている。集積回路1200は、センサチップ1100からの出力に基づいて各種の演算を行う。パッケージ1300から端子1400が引き出され、基板1500に接続されている。

[0003] 以下に、MEMSデバイスである静電容量型の加速度センサについて説明する。図8Aは、従来の加速度センサ210の垂直断面図である。図8Bは、従来の加速度センサ210の水平断面模式図である。図8Cは、従来の加速度センサ210の可動体101の上面図である。図8Dは、従来の加速度センサ210の可動体101の下面図である。

[0004] 静電容量型の加速度センサ210は、可動体101と電極基板122a、122bとを備えている。

[0005] 可動体101は、可動部111と、フレーム133と、ビーム16a、16bとを有する。フレーム133は、可動部111を囲む外枠である。可動部111は、ビーム16a、16bを回転軸としてフレーム133に支持されている。

[0006] 図8Cに示すように、可動部111において、ビーム16a、16bの延

長箇所を軸部 1 4 5 とし、可動部 1 1 1 の軸部 1 4 5 以外の箇所を揺動部 1 4 4 a、揺動部 1 4 4 b とする。揺動部 1 4 4 a は立方体であり、揺動部 1 4 4 b は固定電極 1 1 2 b に対向する面の反対側に開口部 1 1 1 d を有する立方体である。

[0007] フレーム 1 3 3 はシリコン (Si) で形成されている。可動部 1 1 1 は、SOI (Silicon on Insulator) で形成されている。具体的には、 SiO_2 などの酸化膜 1 1 1 b が、Si 層 1 1 1 a と Si 層 1 1 1 c の間に挟まれることにより可動部 1 1 1 が形成されている。

[0008] 可動体 1 0 1 の両面に電極基板 1 2 2 a、1 2 2 b が設置されている。可動体 1 0 1 の周囲と電極基板 1 2 2 a、1 2 2 b の周囲とは陽極接合により接合されている。電極基板 1 2 2 a は、基板部 1 2 0 a、引き出し電極 1 1 4 a、1 1 4 b、固定電極 1 1 2 a、1 1 2 b を有している。基板部 1 2 0 a は、ガラスで形成されている。引き出し電極 1 1 4 a、1 1 4 b は、Si で形成されている。電極基板 1 2 2 b は、ガラスで形成された基板部 1 2 0 b で構成されている。固定電極 1 1 2 a、1 1 2 b は、スパッタなどにより形成された金属薄膜である。固定電極 1 1 2 a は、電極基板 1 2 2 a の揺動部 1 4 4 a と対向する領域の少なくとも一部に形成されている。固定電極 1 1 2 b は、電極基板 1 2 2 a の揺動部 1 4 4 b と対向する領域の少なくとも一部に形成されている。引き出し電極 1 1 4 a、1 1 4 b は、基板部 1 2 0 a に埋め込まれており、これにより、固定電極 1 1 2 a、1 1 2 b の電位を電極基板 1 2 2 a の上面へ引き出せる。

[0009] 加速度により可動部 1 1 1 が揺動すると、固定電極 1 1 2 a と可動部 1 1 1 との間の静電容量および、固定電極 1 1 2 b と可動部 1 1 1 との間の静電容量が変化する。例えば、ある物質の誘電率を ϵ 、その物質を挟む電極の面積を S 、電極間のギャップを d とした場合、静電容量 C は、 $C = \epsilon S / d$ により算出できる。加速度により可動部 1 1 1 が揺動すると静電容量 C が変化するため、その差分容量を集積回路 1 2 0 0 により算出することで、加速度が検出できる。

- [0010] すなわち、加速度センサ210は、可動部111と、固定電極112a、112bとの間の静電容量の変化から可動部111の変位を検出し、この変位に基づいて加速度を検出する。
- [0011] 可動部111の固定電極112a、112bに対向する面には突起状のストッパ134が複数形成されている。ストッパ134を形成することにより、可動部111に大きな加速度が加わった場合でも、可動部111が固定電極112a、112bに衝突して破損することを抑制できる。
- [0012] 電極基板122a、122bのフレーム133との接合部分は基板部120a、120bであり、ガラスで形成されている。そして、可動体101の電極基板122a、122bとの接合部分は、シリコン(Si)で形成されている。電極基板122a、122bと可動体101との接合には陽極接合を用いている。しかし、陽極接合時に、印加する電圧によっては、ガラスとSiとの間に静電吸引力が発生する。この静電吸引力により、可動部111の一部が電極基板122a側に引き寄せられ、接合する場合がある。
- [0013] 図9Aは、他の従来の加速度センサ212の垂直断面図である。図9Bは、他の従来の加速度センサ212の水平断面模式図である。可動部111の、固定電極112aと固定電極112bに挟まれた部分に対向する領域（以下、「対向領域」という）に凹部130が設けられている。凹部130は、可動部111の対向領域の少なくとも一部を薄くすることで形成される。凹部130を設けることにより、静電吸引力を低減できる。弾性力よりも静電吸引力を小さくすることにより、可動部111が基板部120aに接合するのを抑制できる。
- [0014] しかし、小型のチップにおいては、ビーム16a、16bを非常に薄くする必要がある。その結果、陽極接合時に発生する静電吸引力によりビーム16a、16bが変形し、ビーム16a、16bがガラスに接合する場合がある。
- [0015] ビーム16a、16bを非常に薄くした場合、可動体101と電極基板122aを400V程度の電圧で陽極接合すると、陽極接合時に発生する静電

吸引力によりビーム 1 6 a、1 6 b が基板部 1 2 0 a に引き寄せられる。そのため、ビーム 1 6 a、1 6 b が変形し、ビーム 1 6 a、1 6 b が基板部 1 2 0 a に接合する場合がある。

[0016] すなわち、可動体 1 0 1 と電極基板 1 2 2 a とを陽極接合する場合、印加する電圧によりガラスと S i との間に静電吸引力が発生する。この静電吸引力により、S i で形成された可動部 1 1 1 の一部がガラスに引き寄せられ、ガラスと接合する場合がある。特に、小型チップにおいては、ビーム 1 6 a、1 6 b の薄型化が進んでいる。その結果、陽極接合時に発生する静電吸引力によりビーム 1 6 a、1 6 b が変形し、ビーム 1 6 a、1 6 b がガラスに接合する場合がある。上記の先行技術文献としては、例えば、特許文献 1 が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0017] 特許文献1：特開 2 0 1 2 - 2 2 0 3 7 6 号公報

発明の概要

[0018] MEMS デバイスは、可動部と、フレームと、ビームと、電極基板とを備えている。フレームは、可動部と離れて、可動部の周囲を囲んでいる。ビームは、フレームの少なくとも一部から延伸され、可動部に接続されている。電極基板は、固定電極と、拡張電極と、基板部とを有している。電極基板は、可動部と対向し、周囲がフレームの周囲に接合されている。可動部において、ビームの延長箇所は軸部であり、可動部の軸部以外の箇所は揺動部である。固定電極は、電極基板の、揺動部と対向する領域の少なくとも一部に形成されている。拡張電極は、固定電極と接続されており、かつ電極基板の、軸部と対向する領域の少なくとも一部に形成されている。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]図 1 は、本実施の形態における MEMS デバイスを内蔵したパッケージの内部構造を示す斜視図である。

[図2A]図 2 A は、本実施の形態における加速度センサの垂直断面図である。

[図2B]図 2 B は、本実施の形態における加速度センサの水平断面模式図である。

[図2C]図 2 C は、本実施の形態における加速度センサの可動体の上面図である。

[図2D]図 2 D は、本実施の形態における加速度センサの可動体の下面図である。

[図2E]図 2 E は、本実施の形態における加速度センサの凹部を説明する模式図である。

[図2F]図 2 F は、本実施の形態における他の加速度センサのダミー電極を説明する模式図である。

[図3A]図 3 A は、本実施の形態におけるさらに他の加速度センサの垂直断面図である。

[図3B]図 3 B は、本実施の形態におけるさらに他の加速度センサの水平断面模式図である。

[図4A]図 4 A は、本実施の形態におけるさらに他の加速度センサの垂直断面図である。

[図4B]図 4 B は、本実施の形態におけるさらに他の加速度センサの水平断面模式図である。

[図4C]図 4 C は、本実施の形態におけるさらに他の加速度センサの固定電極と拡張電極の下面模式図である。

[図4D]図 4 D は、本実施の形態におけるさらに他の加速度センサの水平断面模式図である。

[図4E]図 4 E は、本実施の形態におけるさらに他の加速度センサの固定電極と拡張電極の下面模式図である。

[図4F]図 4 F は、本実施の形態におけるさらに他の加速度センサの固定電極と拡張電極の下面模式図である。

[図5A]図 5 A は、従来の加速度センサの可動部と固定電極との構成を説明す

る模式図である。

[図5B]図5Bは、本実施の形態における加速度センサの可動部と固定電極とダミー電極との構成を説明する模式図である。

[図5C]図5Cは、本実施の形態における他の加速度センサの可動部と固定電極と拡張電極との構成を説明する模式図である。

[図6]図6は、加速度センサのビーム部分の最大たわみ量を示すグラフである。

[図7]図7は、従来のMEMSデバイスを内蔵したパッケージの内部構造を示す斜視図である。

[図8A]図8Aは、従来の加速度センサの垂直断面図である。

[図8B]図8Bは、従来の加速度センサの水平断面模式図である。

[図8C]図8Cは、従来の加速度センサの可動体の上面図である。

[図8D]図8Dは、従来の加速度センサの可動体の下面図である。

[図9A]図9Aは、他の従来の加速度センサの垂直断面図である。

[図9B]図9Bは、他の従来の加速度センサの水平断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0020] 図1は、本実施の形態におけるMEMSデバイスを内蔵したパッケージの内部構造を示す斜視図である。図1では、パッケージ300の蓋を開けた状態を示している。パッケージ300は、基板500の上に実装されている。パッケージ300には、センサチップ100と、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などの集積回路200が実装されている。MEMSデバイスは、センサチップ100内に収納されている。集積回路200は、センサチップ100からの出力に基づいて各種の演算を行う。パッケージ300から端子400が引き出され、基板500に接続されている。以下に、MEMSデバイスである静電容量型の加速度センサについて説明する。

[0021] 図2Aは、本実施の形態における加速度センサ214の垂直断面図である。図2Bは、本実施の形態における加速度センサ214の水平断面模式図で

ある。図 2 C は、本実施の形態における加速度センサ 2 1 4 の可動体 1 の上面図である。図 2 D は、本実施の形態における加速度センサ 2 1 4 の可動体 1 の下面図である。図 2 E は、本実施の形態における加速度センサ 2 1 4 の凹部 3 0 を説明する模式図である。なお、模式図においては、説明のために、隠れている箇所を実線で示している。

[0022] MEMS デバイスは、可動体 1 と、電極基板 2 a、2 b とを備えている。可動体 1 は、可動部 1 1 と、フレーム 3 3 と、ビーム 6 a、6 b とを有する。フレーム 3 3 は、可動部 1 1 と離れて、可動部 1 1 の周囲を囲んでいる。ビーム 6 a、6 b は、フレーム 3 3 の 2 箇所から延伸され、可動部 1 1 に接続されている。

[0023] フレーム 3 3 およびビーム 6 a、6 b は、シリコン (S i) で形成されている。可動部 1 1 は、S O I (S i l i c o n o n I n s u l a t o r) で形成されている。具体的には、S i 層 1 1 a (第 1 の S i 層) と、S i 層 1 1 c (第 2 の S i 層) との間に、酸化膜 1 1 b が挟まれることにより可動部 1 1 が形成されている。ここで酸化膜 1 1 b は、S i O₂ あるいは S i O などである。また、ビーム 6 a、6 b は S i 層 1 1 a (第 1 の S i 層) で形成されている。

[0024] フレーム 3 3 は、可動部 1 1 を囲む外枠である。可動部 1 1 は、ビーム 6 a、6 b を回転軸としてフレーム 3 3 に支持されている。

[0025] 図 2 C に示すように、可動部 1 1 において、ビーム 6 a、6 b の延長箇所を軸部 4 5 とし、可動部 1 1 の軸部 4 5 以外の箇所を揺動部 4 4 a (第 1 の揺動部)、揺動部 4 4 b (第 2 の揺動部) とする。揺動部 4 4 a は立方体であり、揺動部 4 4 b は固定電極 1 2 b に対向する面の反対側に開口部 1 1 d を有する立方体である。

[0026] 可動体 1 の両面に電極基板 2 a、2 b が設置されている。可動体 1 の周囲 (すなわちフレーム 3 3) と電極基板 2 a、2 b の周囲とは陽極接合により接合されている。電極基板 2 a は、基板部 2 0 a、引き出し電極 1 4 a、1 4 b、1 4 c、固定電極 1 2 a、1 2 b、ダミー電極 1 2 c を有している。

基板部 20 a は、ガラスで形成されている。引き出し電極 14 a、14 b、14 c は、Si で形成されている。電極基板 2 b は、ガラスで形成された基板 20 b で構成されている。固定電極 12 a、12 b は、Al-Si 膜、あるいは Al-Ti 膜などの金属薄膜であり、スパッタなどにより形成されている。固定電極 12 a（第 1 の固定電極）は、電極基板 2 a の、揺動部 44 a と対向する領域の少なくとも一部に形成されている。固定電極 12 b（第 2 の固定電極）は、電極基板 2 a の、揺動部 44 b と対向する領域の少なくとも一部に形成されている。引き出し電極 14 a、14 b は、基板部 20 a に埋め込まれており、これにより、固定電極 12 a、12 b の電位を電極基板 2 a の上面へ引き出せる。

[0027] また、ダミー電極 12 c は、電極基板 2 a の、軸部 45 と対向する領域の少なくとも一部に形成されている。引き出し電極 14 c は、基板部 20 a に埋め込まれており、これにより、ダミー電極 12 c の電位を電極基板 2 a の上面へ引き出せる。

[0028] 加速度により可動部 11 が揺動すると、固定電極 12 a と揺動部 44 a との間の静電容量および、固定電極 12 b と揺動部 44 b との間の静電容量が変化する。例えば、ある物質の誘電率を ϵ 、その物質を挟む電極の面積を S 、電極間のギャップを d とした場合、静電容量 C は、 $C = \epsilon S / d$ により算出できる。加速度により可動部 11 が揺動すると静電容量 C が変化するため、その差分容量を集積回路 200 により算出することで、加速度が検出できる。

[0029] すなわち、加速度センサ 214 は、可動部 11 と、固定電極 12 a、12 b との間の静電容量の変化から可動部 11 の変位を検出し、この変位に基づいて加速度を検出する。

[0030] 可動部 11 の固定電極 12 a、12 b と対向する面には突起状のストッパ 34 が複数形成されている。ストッパ 34 を形成することにより、可動部 11 に大きな加速度が加わった場合でも、可動部 11 が固定電極 12 a、12 b に衝突して破損することを抑制できる。

- [0031] 電極基板 2 a、2 b のフレーム 3 3 との接合部分は、基板部 2 0 a、2 0 b であり、ガラスで形成されている。そして、フレーム 3 3 の電極基板 2 a、2 b との接合部分は、シリコン (S i) で形成されている。電極基板 2 a、2 b と可動部 1 との接合には陽極接合を用いている。
- [0032] また、可動部 1 1 の、固定電極 1 2 a と固定電極 1 2 b に挟まれた部分に対向する領域（以下、「対向領域」という）に凹部 3 0 が設けられている。凹部 3 0 は、可動部 1 1 の対向領域の少なくとも一部を薄くすることで形成される。凹部 3 0 を設けることにより、可動部 1 1 が基板部 2 0 a に接合するのを抑制できる。
- [0033] 図 2 A、図 2 E に示すように、凹部 3 0 の横方向の距離 L_{12} を $40\text{ }\mu\text{m}$ 、凹部 3 0 の縦方向の距離 L_{13} を $800\text{ }\mu\text{m}$ 、凹部 3 0 の深さ L_{11} を $11\text{ }\mu\text{m}$ としている。ここで、対向領域の縦方向の距離は $1000\text{ }\mu\text{m}$ 、横方向の距離 L_7 は $40\text{ }\mu\text{m}$ である。すなわち、面積 $1000 \times 40\text{ }\mu\text{m}^2$ の対向領域のうち、 $800 \times 40\text{ }\mu\text{m}^2$ の領域を $11\text{ }\mu\text{m}$ の深さだけエッチングにより除去することにより凹部 3 0 を形成している。凹部 3 0 を設けることにより、可動部 1 1 が基板部 2 0 a に接合するのを抑制できる。
- [0034] また、例えば、固定電極 1 2 a、1 2 b 間の距離 L_7 が $40\text{ }\mu\text{m}$ 、可動部 1 1 の幅 L_8 が $1000\text{ }\mu\text{m}$ 、基板部 2 0 a と可動部 1 1 との間の距離 L_3 が $2.2\text{ }\mu\text{m}$ 、固定電極 1 2 a、1 2 b の厚さ L_4 が $0.2\text{ }\mu\text{m}$ であるとする。この場合、可動部 1 と電極基板 2 a を 600 V の電圧で陽極接合すると、可動部 1 1 には約 16 mN の静電吸引力が発生する。
- [0035] また、ビーム 6 a、6 b の幅 L_6 が $12\text{ }\mu\text{m}$ 、厚さ L_2 が $11\text{ }\mu\text{m}$ 、長さ L_5 が $150\text{ }\mu\text{m}$ で、可動部 1 1 に形成されたストッパ 3 4 の高さ L_1 が $1.1\text{ }\mu\text{m}$ であるとする。この場合、可動部 1 1 が $0.9\text{ }\mu\text{m}$ 吸引されたときの弾性力は 3.6 mN となる。この場合、静電吸引力が弾性力を上回るため、可動部 1 1 が基板部 2 0 a に接合してしまう可能性がある。しかし、凹部 3 0 を設けることにより、静電吸引力を 3.5 mN に低減できる。すなわち弾性力よりも静電吸引力を小さくすることにより、可動部 1 1 が基板部 2 0

aに接合するのを抑制できる。

[0036] 加速度センサ214において、電極基板2aは、軸部45と対向する領域にダミー電極12cを有している。ダミー電極12cは、電氣的に浮遊している。ダミー電極12cは、Al-Si膜、あるいはAl-Ti膜などの金属薄膜であり、固定電極12a、12bと同様のプロセスで形成できる。ダミー電極12cは、引き出し電極14cの一端に接続されている。

[0037] ダミー電極12cの幅L21は、ビーム6a、6bの幅L6より若干広い方が望ましい。例えば、ビーム6a、6bの幅L6が12 μ mの場合、ダミー電極12cの幅L21は20 μ m以上が好ましい。このような構成にすることにより、陽極接合時に発生する静電吸引力をさらに減少できる。

[0038] なお、図2Eでは、凹部30と対向する領域に沿ってダミー電極12cが形成されているが、本実施の形態はこれに限定されない。図2Fに示すように、ダミー電極12cは、電極基板2aの、軸部45と対向する領域の少なくとも一部に形成されていればよい。

[0039] ただし、凹部30が形成されていても、陽極接合を行うと可動部11に3.5mNの静電吸引力が発生する。そのため、軸部45と対向する領域だけではなく、凹部30と対向する領域にもダミー電極12cを形成する方が望ましい。

[0040] 図3Aは、本実施の形態における加速度センサ216の垂直断面図である。図3Bは、本実施の形態における加速度センサ216の水平断面模式図である。加速度センサ216が加速度センサ214と異なる点は、引き出し電極14cが形成されておらず、ダミー電極12cがコモン電位に接続されている点である。なお、模式図においては、説明のために、隠れている箇所を実線で示している。

[0041] 具体的には、ダミー電極12cは、Siで形成されたフレーム33に接続されている。すなわち、ダミー電極12cと、可動部11が同じ電位になっている。この構成により、外部から不要な信号が印加された場合でも、ビーム6a、6bの上部がコモン電位以外の電位に帯電しない。そのため、ビー

ム6 a、6 bが電極基板2 aと接触しにくい。すなわちダミー電極1 2 cをコモン電位に接続することにより、陽極接合時に発生する静電吸引力をさらに低減できるので、外乱に強い加速度センサ2 1 6が得られる。

[0042] 図4 Aは、本実施の形態における加速度センサ2 1 8の垂直断面図である。図4 Bは、本実施の形態における加速度センサ2 1 8の水平断面模式図である。図4 Cは、本実施の形態における加速度センサ2 1 8の固定電極1 2 a、1 2 bと拡張電極1 2 e、1 2 fの下面模式図である。加速度センサ2 1 8が加速度センサ2 1 4と異なる点は、ダミー電極1 2 cと引き出し電極1 4 cが形成されておらず、固定電極1 2 aと固定電極1 2 bのうち少なくとも一方が、軸部4 5に対向する領域まで延出している点である。なお、模式図においては、説明のために、隠れている箇所を実線で示している。

[0043] 具体的には、固定電極1 2 a（第1の固定電極）の一部を固定電極1 2 bの方に延出することにより、電極基板2 aの軸部4 5と対向する領域にも電極を形成する。この延出された長方形状の電極を拡張電極1 2 e（第1の拡張電極）とする。また、固定電極1 2 b（第2の固定電極）の一部を固定電極1 2 aの方に延出することにより、電極基板2 aの軸部4 5と対向する領域にも電極を形成する。この延出された長方形状の電極を拡張電極1 2 f（第2の拡張電極）とする。拡張電極1 2 e、1 2 fは、固定電極1 2 a、1 2 bと一体に形成できる。拡張電極1 2 e、1 2 fの材質は、固定電極1 2 a、1 2 bと同様、Al-Si膜、あるいはAl-Ti膜などの金属薄膜である。例えば、ビーム6 a、6 bの幅L 6が12 μ mである場合、拡張電極1 2 eの幅L 4 1、拡張電極1 2 fの幅L 4 2は40 μ m以上が好ましい。この構成により、ビーム6 a、6 bの上部が帯電しにくくなる。

[0044] なお、図4 Bでは、電極基板2 aの凹部3 0と対向する領域の大部分に拡張電極1 2 eが形成されているが、本実施の形態はこれに限定されない。図4 Dは、本実施の形態における加速度センサ2 1 9の水平断面模式図である。図4 Dでは、説明のために、隠れている箇所を実線で示している。図4 Dに示すように、拡張電極1 2 eは、軸部4 5と対向する領域の少なくとも一

部に形成されていればよい。また、凹部 30 を設けなくてもよい。ただし、凹部 30 を設けた方が、静電吸引力を低減できる。さらに、凹部 30 を設けた場合でも、陽極接合を行うと可動部 11 に 3.5 mN の静電吸引力が発生するため、軸部 45 と対向する領域の一部だけでなく、凹部 30 と対向する領域の大部分に拡張電極 12 e、12 f を形成するのが好ましい。

[0045] また、本実施の形態では、図 4 C に示すように、拡張電極 12 e と拡張電極 12 f は、点対称に形成されている。しかし、拡張電極 12 e、12 f の態様はこれに限定されない。例えば、図 4 E、図 4 F に示すように、拡張電極 12 e だけでもよく、また、拡張電極 12 f だけでもよい。また、拡張電極 12 e と拡張電極 12 f の形状が異なってもよい。なお、本実施の形態では、拡張電極 12 e、12 f の形状は、長方形状としたが、円形や多角形状など他の形状でも構わない。

[0046] 本実施の形態によれば、陽極接合時に発生する静電吸引力が減少し、また、ビーム 6 a、6 b の上部が帯電しにくいため、外部から不要な信号が印加された場合でも、ビーム 6 a、6 b が電極基板 2 a と接触しにくい。そのため、外乱に強い加速度センサ 218、219 が得られる。

[0047] 更に、加速度センサ 214、216 では、ダミー電極 12 c を固定電極とは別に設けているために、ダミー電極 12 c の面積分だけ固定電極 12 a、12 b の面積が減少する。ダミー電極 12 c は加速度の検出に寄与しないので、固定電極 12 a、12 b の面積の減少は検出感度の低下を招く場合がある。しかし、加速度センサ 218、219 では、ダミー電極 12 c を有していない。そのため、検出感度を低下させずに、陽極接合時に発生する静電吸引力を減少できる。

[0048] なお、本実施の形態において、凹部 30 を形成したが、凹部 30 は形成しなくてもよい。ただし、凹部 30 を形成することにより、静電吸引力を低減できるため、凹部 30 を形成するのが好ましい。

[0049] また、本実施の形態において、ビーム 6 a、6 b は 2 箇所設けたが、2 箇所に限らず、1 箇所でもよい。

[0050] 次に、図5 A、5 B、5 C、及び図6を用いて、陽極接合時に発生する静電吸引力によるビーム6 a、6 bの最大たわみ量について説明する。

[0051] 図5 Aは、従来の加速度センサ210の可動部111と固定電極112 a、112 bとの構成を説明する模式図である。図5 Bは、本実施の形態における加速度センサ214の可動部11と固定電極12 a、12 bとダミー電極12 cとの構成を説明する模式図である。図5 Cは、本実施の形態における加速度センサ218の可動部11と固定電極12 a、12 bと拡張電極12 e、12 fとの構成を説明する模式図である。図5 Aは、加速度センサ210の水平断面方向の模式図を示している。図5 Bは、加速度センサ214の水平断面方向の模式図を示している。図5 Cは、加速度センサ218の水平断面方向の模式図を示している。図5 Aに示す加速度センサ210をサンプルA、図5 Bに示す加速度センサ214をサンプルB、図5 Cに示す加速度センサ218をサンプルCとする。なお、模式図においては、説明のために、隠れている箇所を実線で示している。

[0052] サンプルAでは、図5 Aに示すように、固定電極112 a、112 b間の距離 L_7 を $40\mu\text{m}$ にしている。また、サンプルBでは、図5 Bに示すように、ダミー電極12 cの幅 L_{21} を $20\mu\text{m}$ にしている。そして、固定電極12 aからダミー電極12 cまでの距離 L_{63} を $20\mu\text{m}$ 、固定電極12 bからダミー電極12 cまでの距離 L_{64} を $20\mu\text{m}$ としている。また、サンプルCでは、図5 Cに示すように、固定電極12 a、12 b間の最も広い距離 L_{73} を $60\mu\text{m}$ にしている。また、拡張電極12 eの幅 L_{41} および、拡張電極12 fの幅 L_{42} は $40\mu\text{m}$ にしている。すなわち、固定電極12 a、12 b間の最も狭い距離 L_{75} は $20\mu\text{m}$ である。本実施の形態において、距離は水平断面図上の距離を示している。

[0053] 図6は、陽極接合時に発生する静電吸引力による、加速度センサのビーム部分の最大たわみ量を示すグラフである。サンプルAのビーム16 a、16 b部分における最大たわみ量を“1”としている。

[0054] 図6に示すように、サンプルAの最大たわみ量を“1”とした場合、サン

プルBの最大たわみ量は約0.20、サンプルCの最大たわみ量は約0.10となる。このように、ダミー電極12cを形成することにより、ビーム6a、6bのたわみを抑制できる。さらに、拡張電極12e、12fを形成することにより、ビーム6a、6bのたわみをさらに抑制できる。

[0055] なお、図3A、3Bに示す加速度センサ216において、ダミー電極12cの幅L21を20 μ m、固定電極12aからダミー電極12cまでの幅を20 μ m、固定電極12bからダミー電極12cまでの幅を20 μ mとした場合は、サンプルBの構成とほぼ同じである。そのためその場合の最大たわみ量は約0.2になる。

[0056] なお、図4Aにおいて、電極基板12b上に固定電極（図示せず）を更に設け、可動部11と固定電極12b間に交流電圧を印加することにより可動部11と固定電極12bとの間に静電引力を作用させ、可動部11を上下方向に振動させても良い。

[0057] なお、本実施の形態は上記の例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、本実施の形態では、電極基板2aに2つの固定電極12a、12bが形成されているが、固定電極の数は2つに限定されない。また、ダミー電極12cの形状や、大きさや、レイアウトなども適宜変更できる。

産業上の利用可能性

[0058] 本実施の形態によるMEMSデバイスは、可動体と電極基板とを陽極接合する場合に、ビームがガラスに接合しにくいので、静電容量型の加速度センサとして有用である。

符号の説明

[0059] 1 可動体
2a, 2b, 22a, 22b 電極基板
6a, 6b ビーム
11 可動部
11a, 11c Si層
11b 酸化膜

1 1 d 開口部

1 2 a, 1 2 b 固定電極

1 2 c ダミー電極

1 2 e, 1 2 f 拡張電極

1 4 a, 1 4 b, 1 4 c 引き出し電極

2 0 a 基板部

3 0 凹部

3 3 フレーム

3 4 ストップ

4 4 a, 4 4 b 揺動部

4 5 軸部

2 1 0, 2 1 2, 2 1 4, 2 1 6, 2 1 8, 2 1 9 加速度センサ

L 1 高さ

L 2, L 4 厚さ

L 3, L 7, L 1 2, L 1 3, L 6 3, L 6 4, L 7 3, L 7 5 距離

L 5 長さ

L 6, L 8, L 2 1, L 4 1, L 4 2 幅

L 1 1 深さ

請求の範囲

- [請求項1] 可動部と、
前記可動部と離れて、前記可動部の周囲を囲むフレームと、
前記フレームの少なくとも一部から延伸され、前記可動部に接続されたビームと、
固定電極と、
拡張電極と、
基板部と、
を有し、
前記可動部と対向し、周囲が前記フレームの周囲に接合されている電極基板と、
を備え、
前記可動部において、前記ビームの延長箇所は軸部であり、前記可動部の前記軸部以外の箇所は揺動部であって、
前記固定電極は、前記電極基板の、前記揺動部と対向する領域の少なくとも一部に形成されており、
前記拡張電極は、前記固定電極と接続されており、かつ前記電極基板の、前記軸部と対向する領域の少なくとも一部に形成されているMEMSデバイス。
- [請求項2] 前記揺動部は、前記ビームを挟んで第1の揺動部と第2の揺動部を有しており、
前記固定電極は、第1の固定電極と第2の固定電極を有しており、
前記拡張電極は、第1の拡張電極と第2の拡張電極を有しており、
前記第1の揺動部と対向する領域の少なくとも一部に、前記第1の固定電極が形成され、
前記第2の揺動部と対向する領域の少なくとも一部に、前記第2の固定電極が形成され、
前記第1の拡張電極は、前記第1の固定電極と接続されており、かつ

前記電極基板の、前記軸部と対向する領域の少なくとも一部に形成されており、

前記第2の拡張電極は、前記第2の固定電極と接続されており、かつ前記電極基板の、前記軸部と対向する領域の少なくとも一部に形成されている

請求項1に記載のMEMSデバイス。

[請求項3] 前記第1の拡張電極と前記第2の拡張電極は、点対称に形成されている

請求項2に記載のMEMSデバイス。

[請求項4] 前記第1の拡張電極と前記第2の拡張電極は長方形状である

請求項2に記載のMEMSデバイス。

[請求項5] 前記可動部の、前記第1の固定電極と前記第2の固定電極に挟まれた部分に対向する領域の少なくとも一部に凹部が形成されている

請求項2に記載のMEMSデバイス。

[請求項6] 前記第1の揺動部は立方体であり、

前記第2の揺動部は前記第2の固定電極に対向する面の反対側に開口部を有する立方体である

請求項2に記載のMEMSデバイス。

[請求項7] 前記可動部はSOI (Silicon on Insulator) で形成されている

請求項1に記載のMEMSデバイス。

[請求項8] 前記SOIは、第1のSi層と、第2のSi層と、前記第1のSi層と前記第2のSi層との間の酸化膜と、
を有している

請求項7に記載のMEMSデバイス。

[請求項9] 前記ビームは前記第1のSi層で形成されている

請求項8に記載のMEMSデバイス。

[請求項10] 前記フレームはSiで形成されており、前記基板部はガラスで形成さ

れている

請求項 1 に記載の MEMS デバイス。

[請求項 11] 前記フレームと前記基板部とは陽極接合により接合されている

請求項 10 に記載の MEMS デバイス。

[請求項 12] 前記固定電極は、金属薄膜で形成されており、前記電極基板の中の S
i で形成された引き出し電極と接続されている

請求項 1 に記載の MEMS デバイス。

補正された請求の範囲
[2014年5月13日(13.05.2014)国際事務局受理]

[請求項1] (補正後) 可動部と、

前記可動部に接続するビームと、

前記ビームに接続するフレームと、

固定電極と拡張電極とを有し、前記フレームに接続する基板と、

を備え、

前記固定電極は、前記基板の、前記可動部と対向する領域の少なくとも一部に形成されており、

前記拡張電極は、前記固定電極と接続されており、かつ前記基板の、前記ビームと対向する領域の少なくとも一部に形成されている
MEMSデバイス。

[請求項2] (補正後) 前記可動部は、前記ビームを挟んで第1の部分と第2の部分を持
しており、

前記固定電極は、第1の固定電極と第2の固定電極を有しており、

前記拡張電極は、第1の拡張電極と第2の拡張電極を有しており、

前記第1の部分と対向する領域の少なくとも一部に、前記第1の固
定電極が形成され、

前記第2の部分と対向する領域の少なくとも一部に、前記第2の固
定電極が形成され、

前記第1の拡張電極は、前記第1の固定電極と接続されており、かつ
前記基板の、前記ビームと対向する領域の少なくとも一部に形成さ
れており、

前記第2の拡張電極は、前記第2の固定電極と接続されており、かつ
前記基板の、前記ビームと対向する領域の少なくとも一部に形成さ
れている

請求項1に記載のMEMSデバイス。

[請求項3] 前記第 1 の拡張電極と前記第 2 の拡張電極は、点対称に形成されている
請求項 2 に記載の MEMS デバイス。

[請求項4] 前記第 1 の拡張電極と前記第 2 の拡張電極は長方形状である
請求項 2 に記載の MEMS デバイス。

[請求項5] 前記可動部の、前記第 1 の固定電極と前記第 2 の固定電極に挟まれた
部分に対向する領域の少なくとも一部に凹部が形成されている
請求項 2 に記載の MEMS デバイス。

[請求項6] (補正後) 前記第 2 の部分は前記第 2 の固定電極に対向する面の反対側に開
口部を有する
請求項 2 に記載の MEMS デバイス。

[請求項7] 前記可動部は SOI (Silicon on Insulator)
で形成されている
請求項 1 に記載の MEMS デバイス。

[請求項8] 前記 SOI は、第 1 の Si 層と、第 2 の Si 層と、前記第 1 の Si 層
と前記第 2 の Si 層との間の酸化膜と、
を有している
請求項 7 に記載の MEMS デバイス。

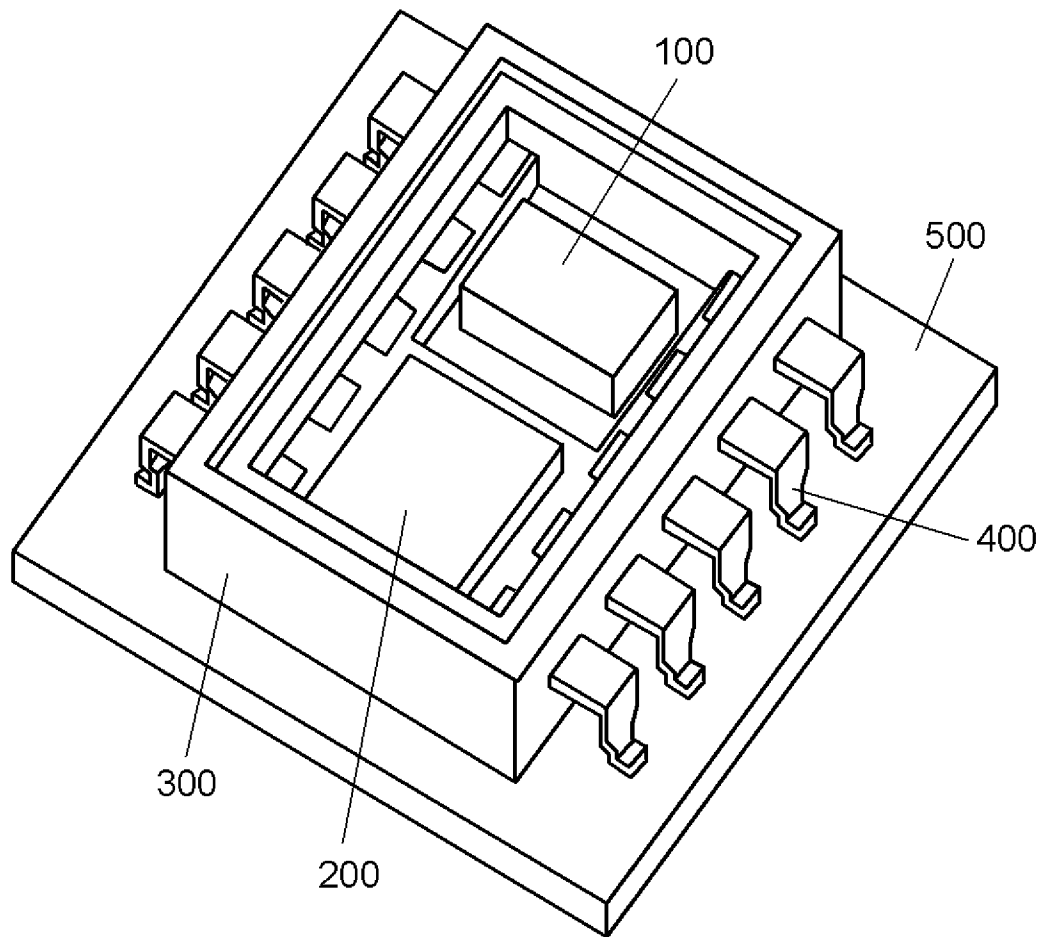
[請求項9] 前記ビームは前記第 1 の Si 層で形成されている
請求項 8 に記載の MEMS デバイス。

[請求項10] (補正後) 前記フレームは Si で形成されており、前記基板はガラスで形
成されている
請求項 1 に記載の MEMS デバイス。

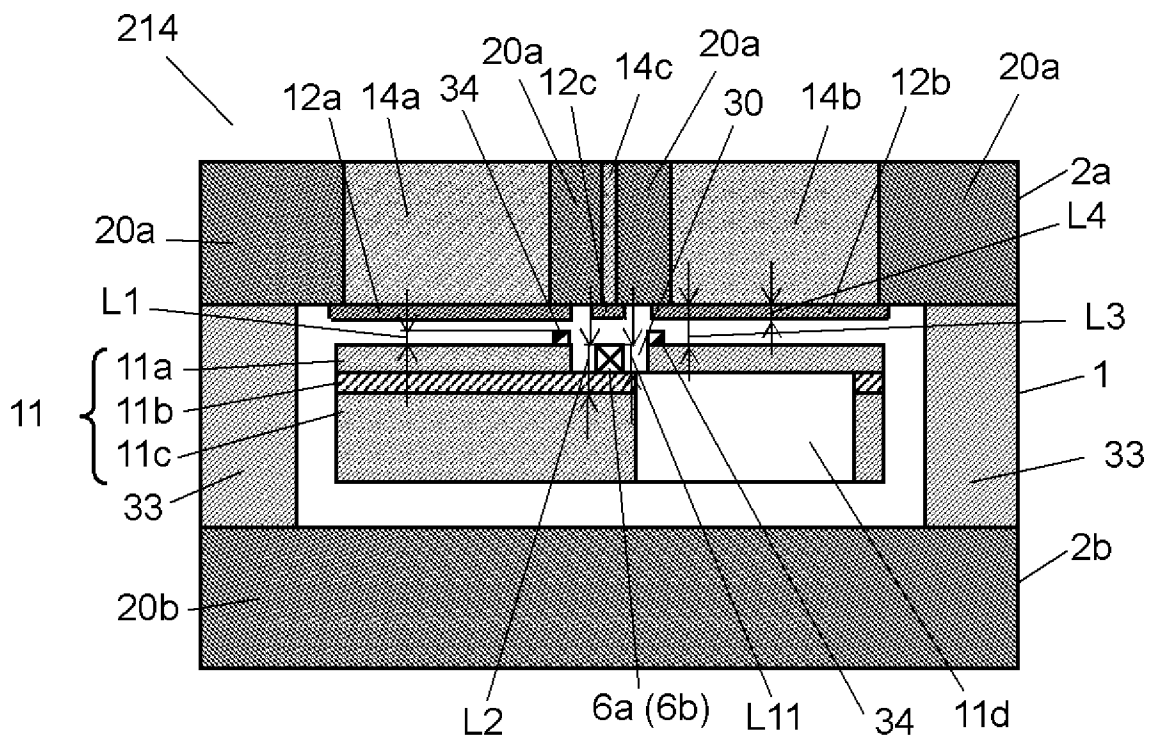
[請求項11] (補正後) 前記フレームと前記基板とは陽極接合により接合されている
請求項10に記載のMEMSデバイス。

[請求項12] (補正後) 前記固定電極は、金属薄膜で形成されており、前記基板の中の
Siで形成された引き出し電極と接続されている
請求項1に記載のMEMSデバイス。

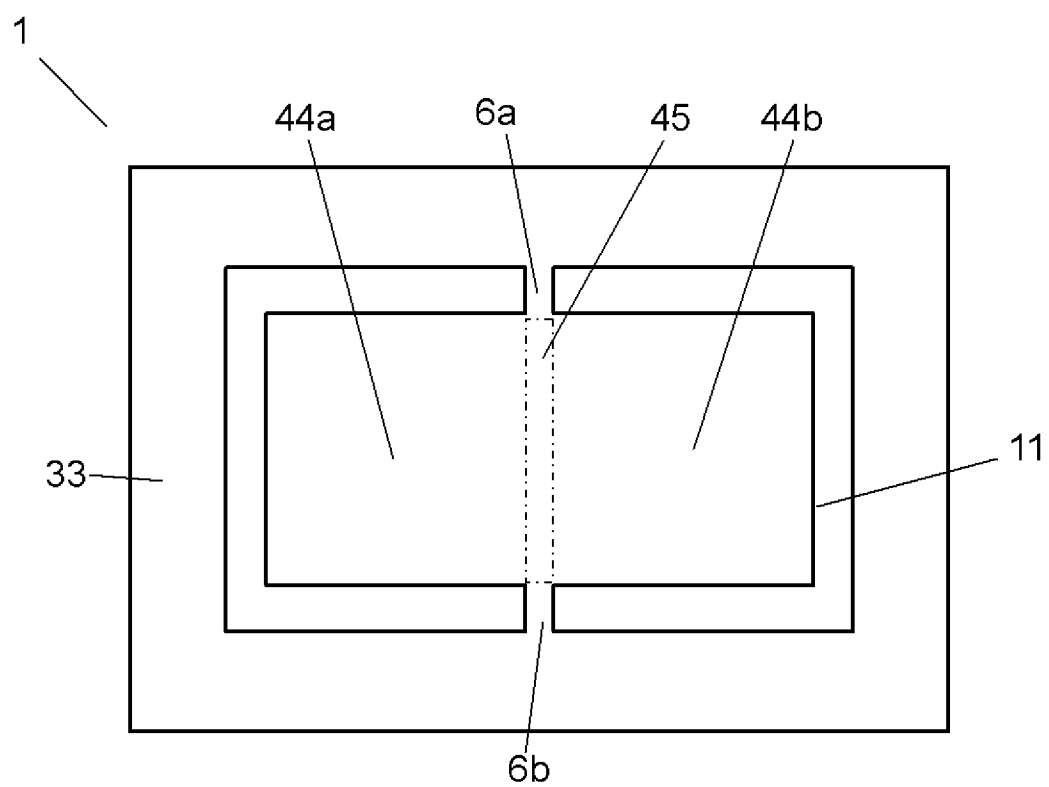
[図1]



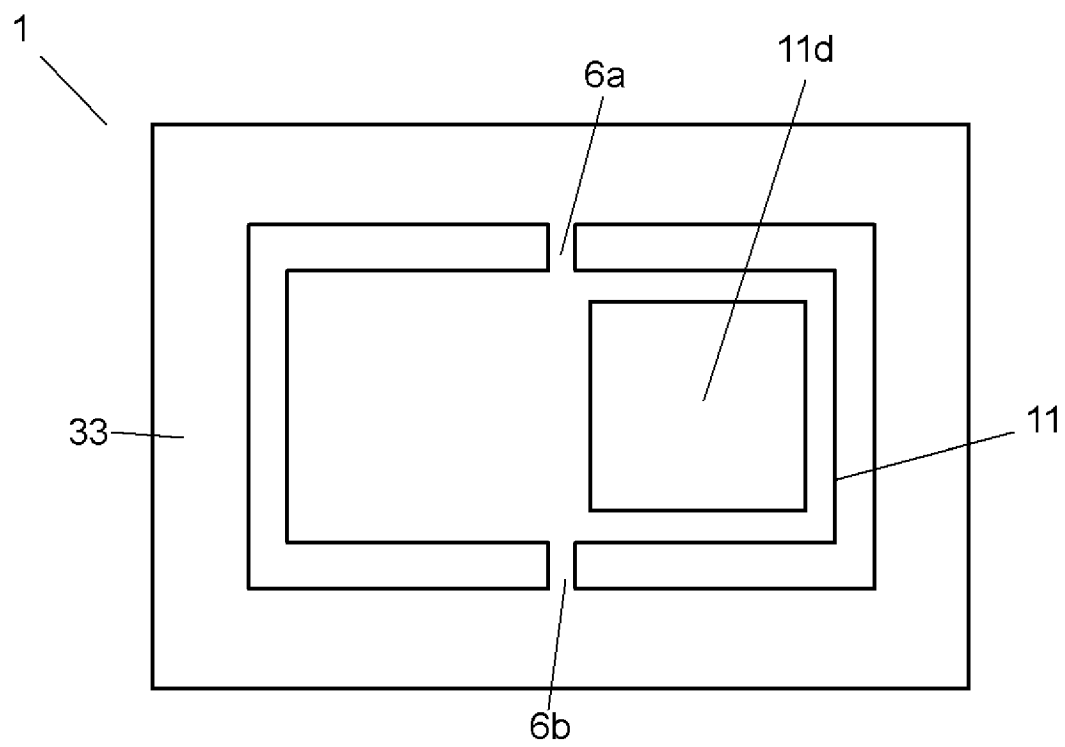
[図2A]



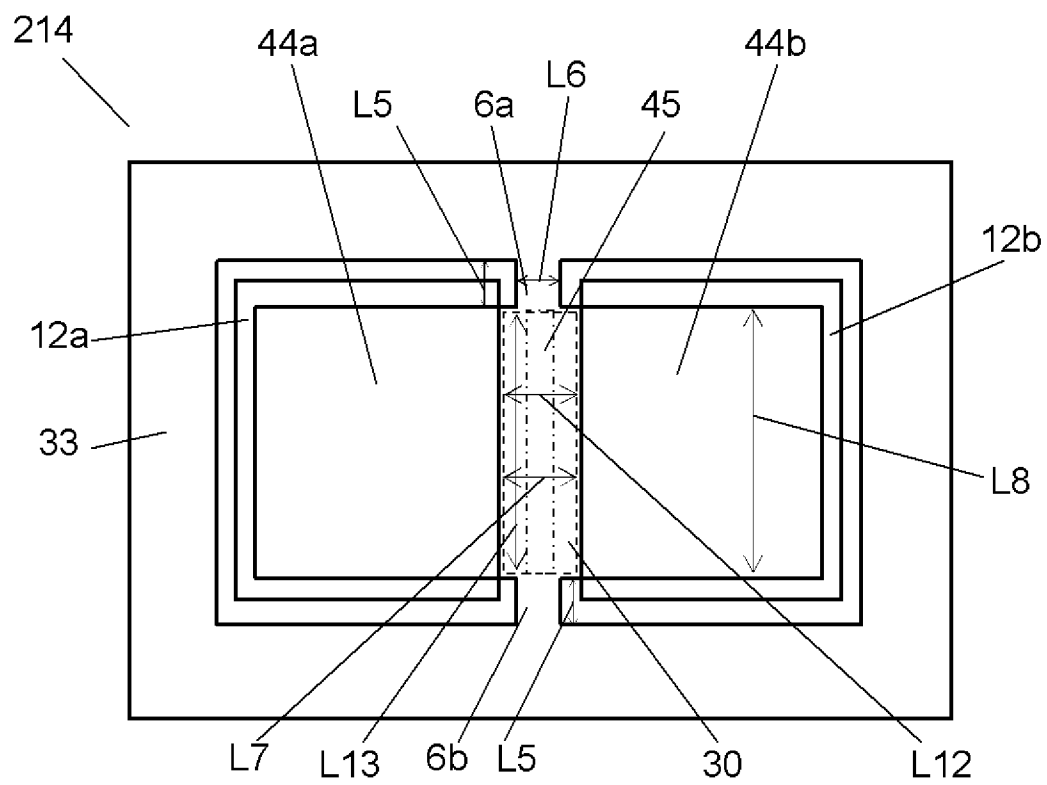
214



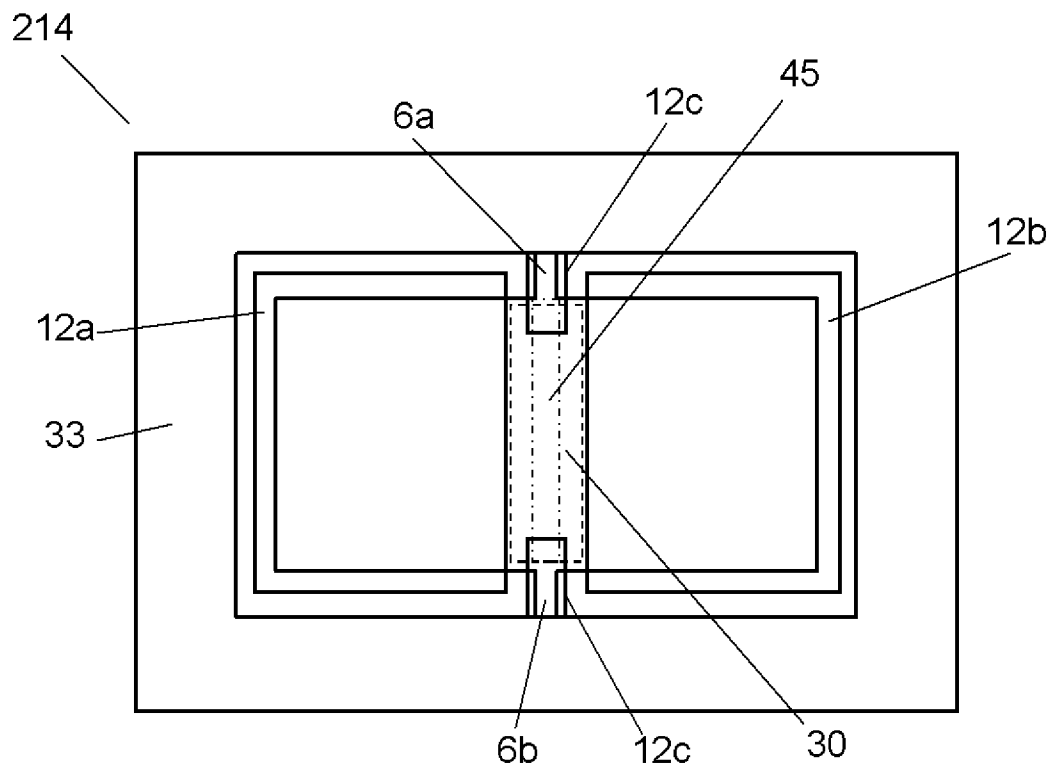
[図2D]



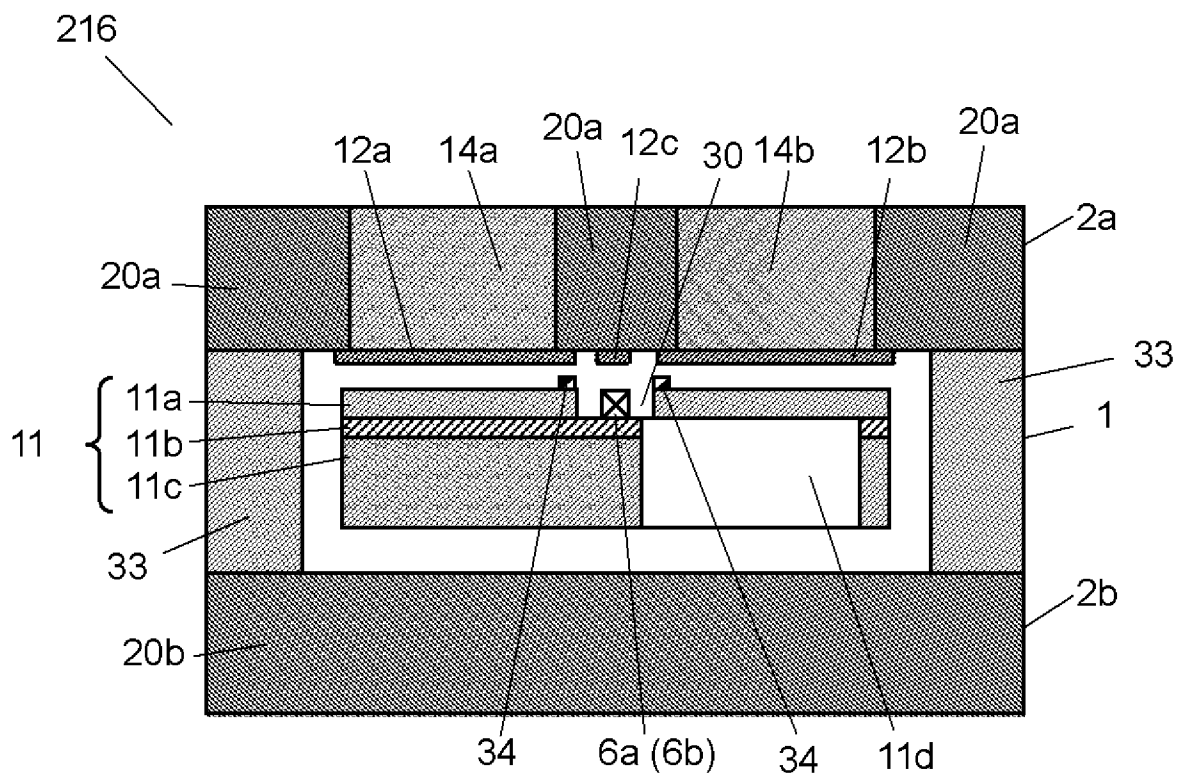
[図2E]



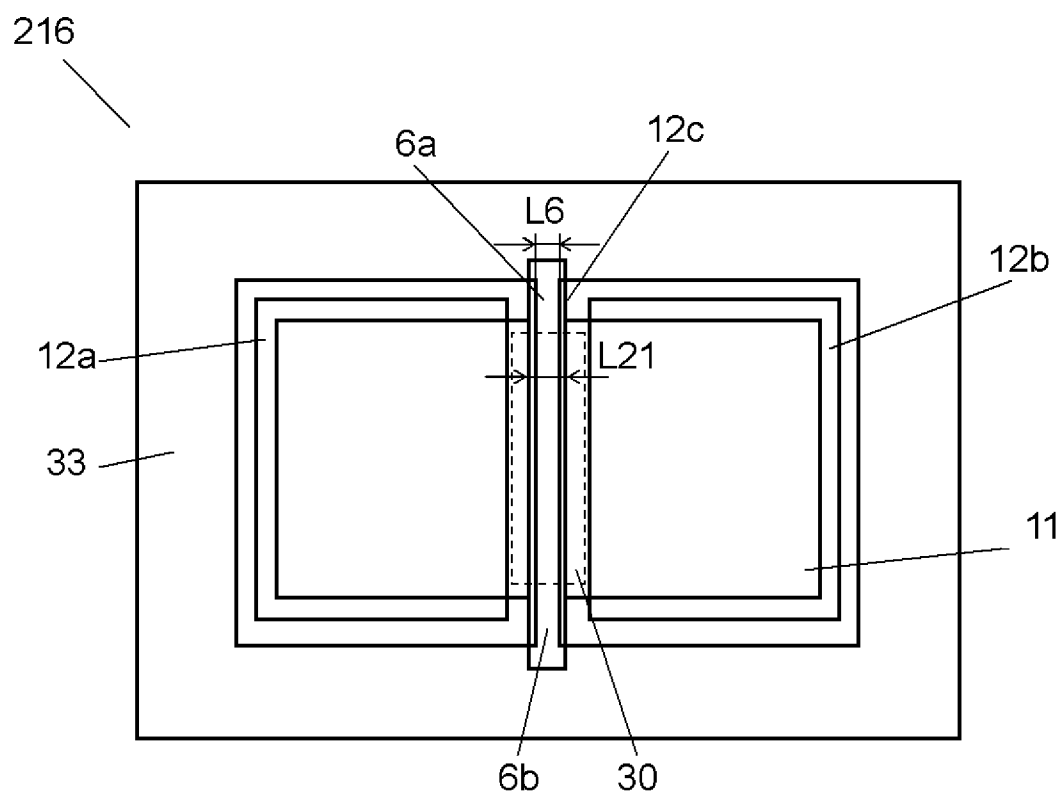
[図2F]



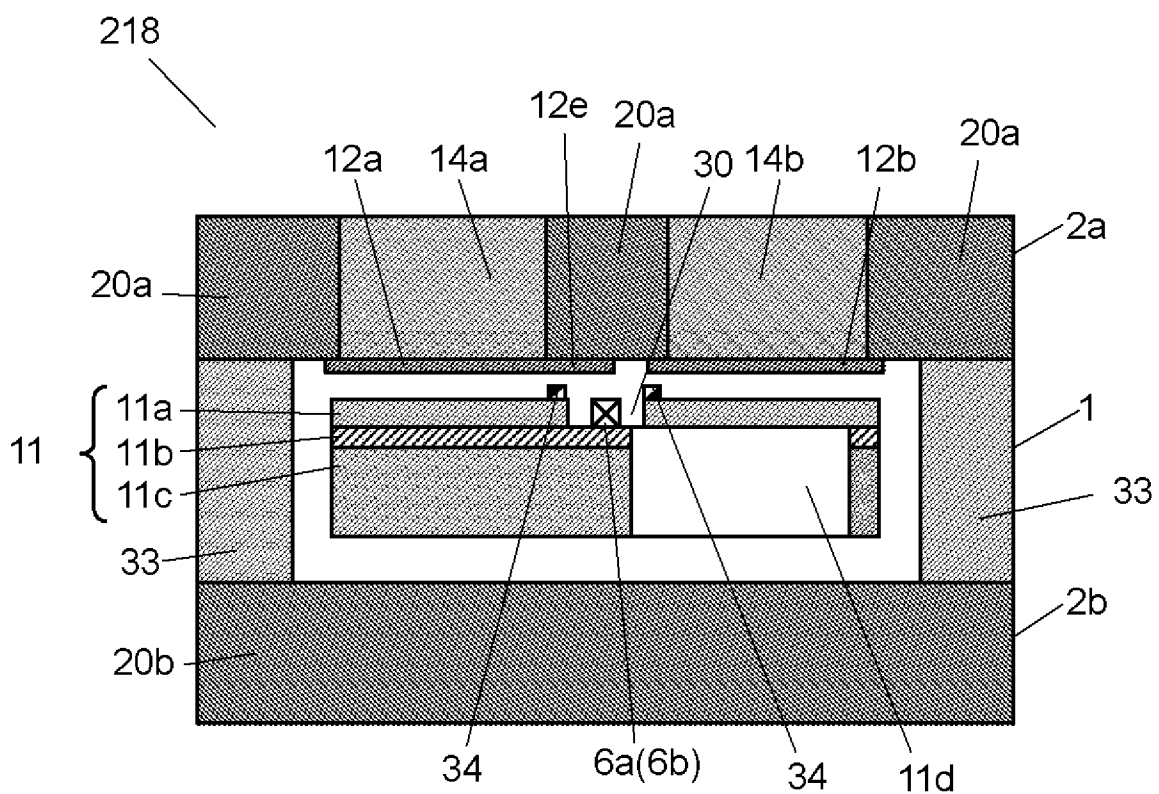
[図3A]



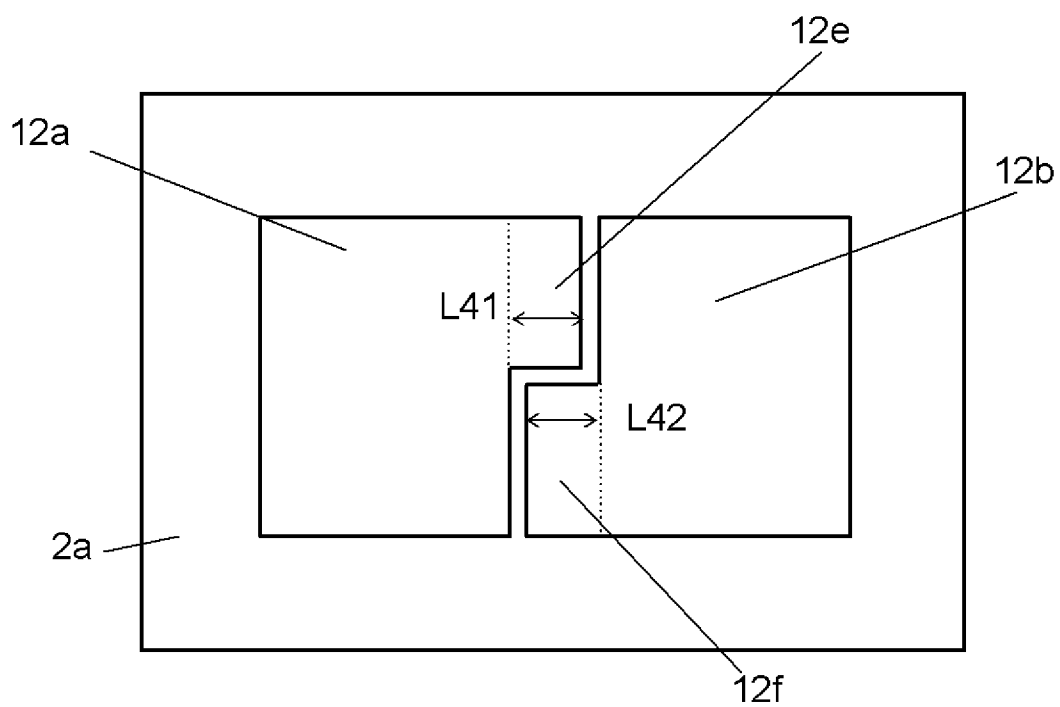
[図3B]



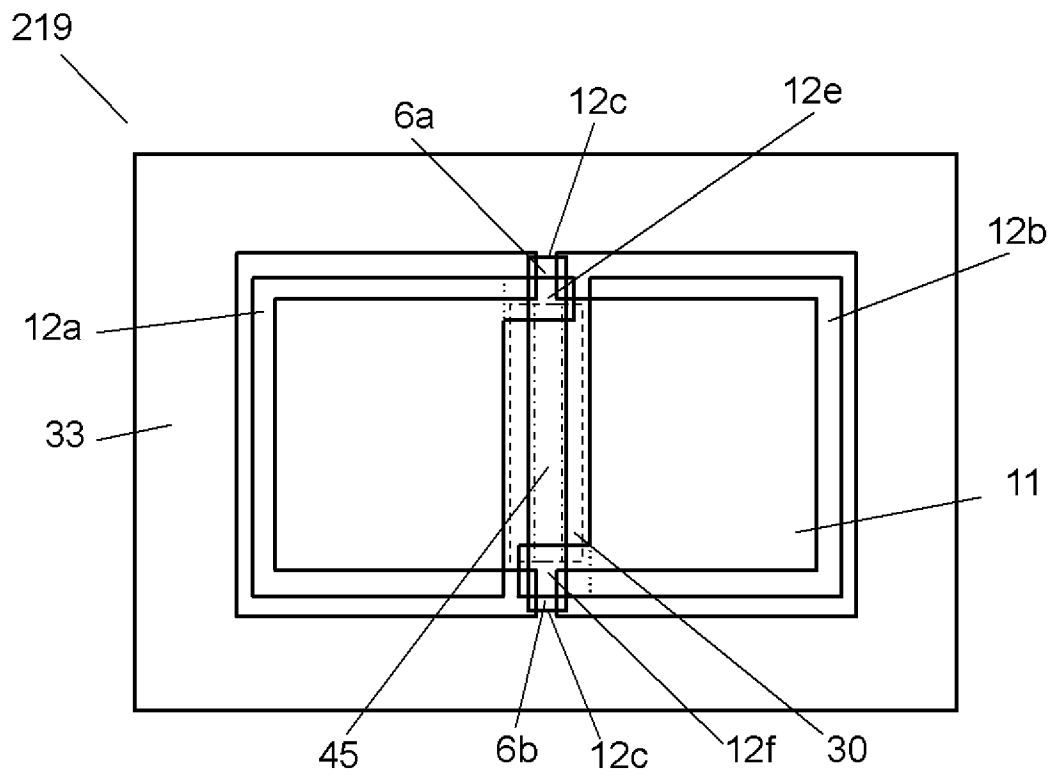
[図4A]



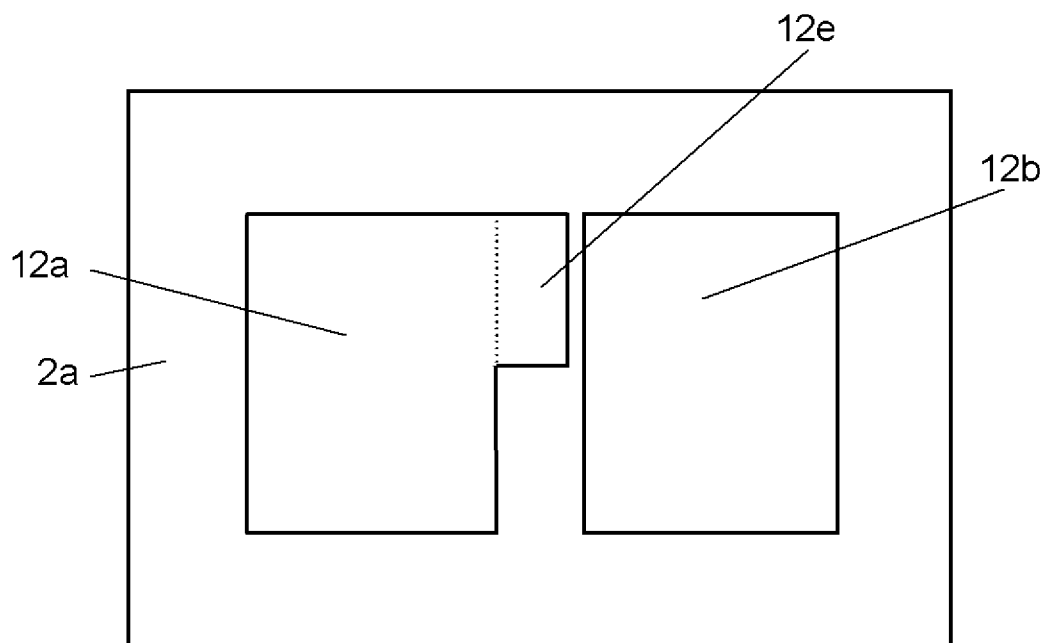
218



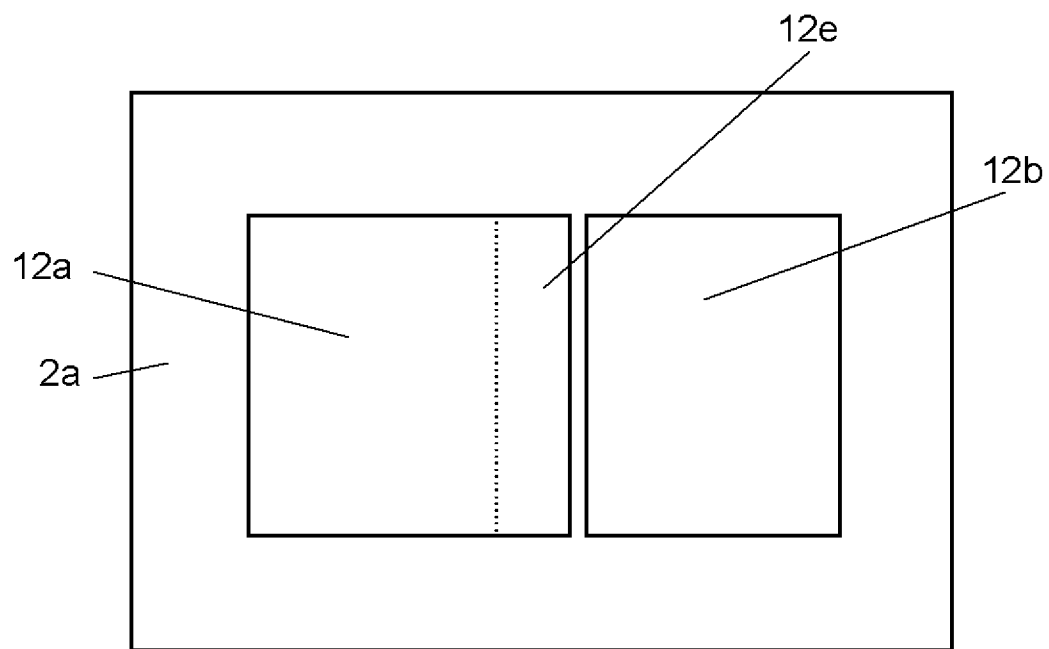
[図4D]



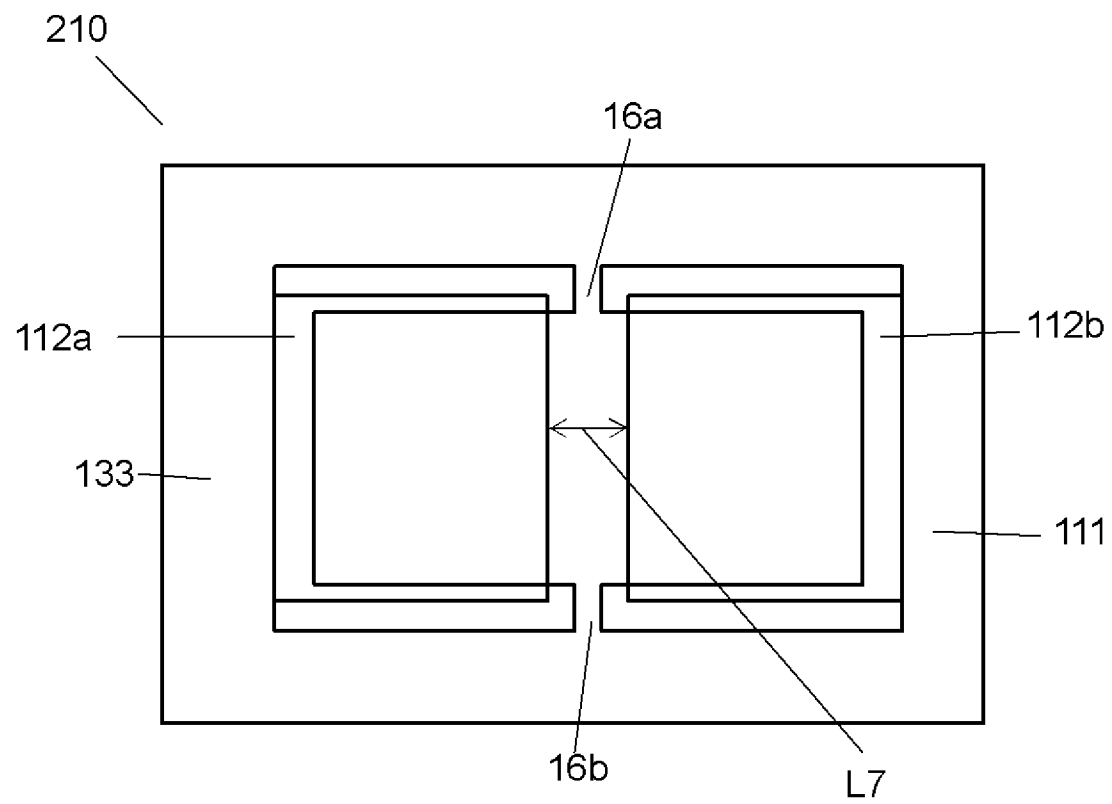
[図4E]



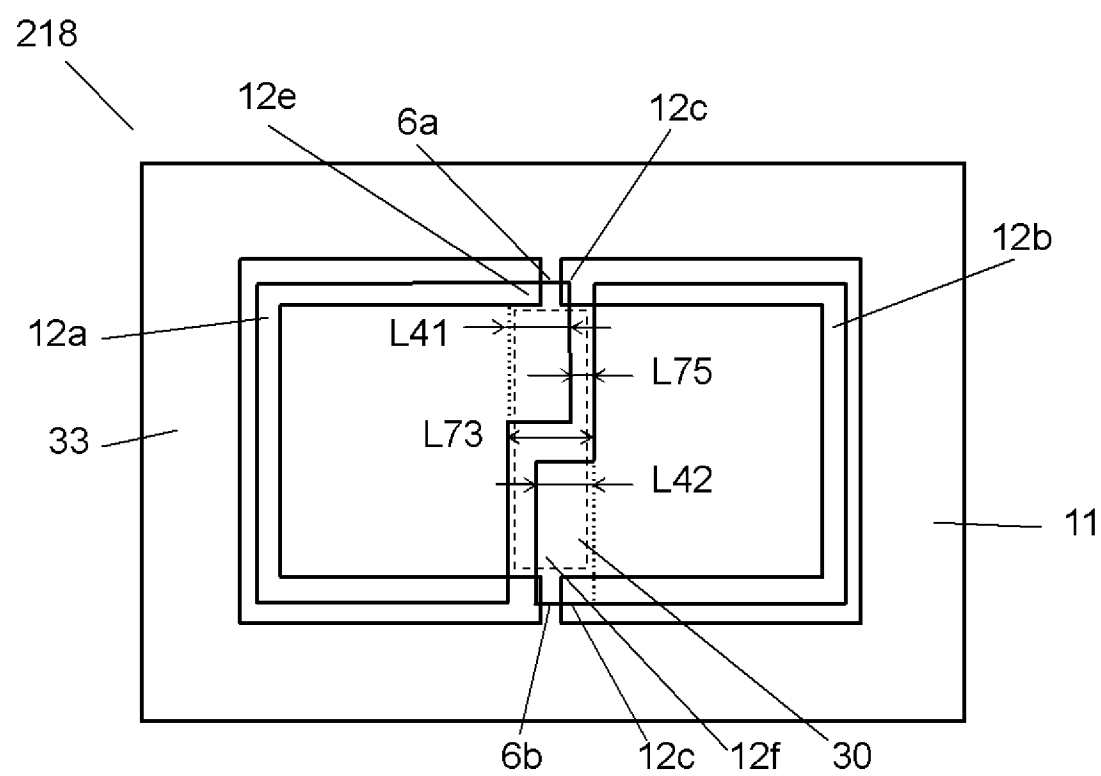
[図4F]



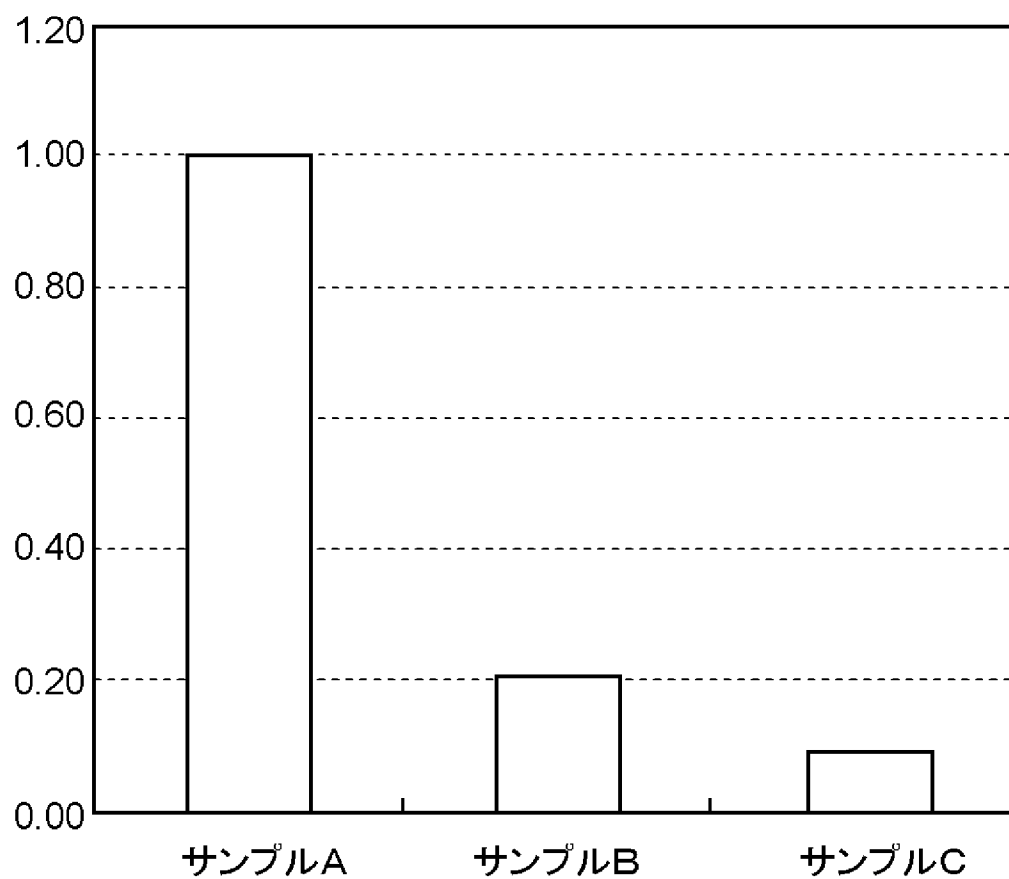
[図5A]



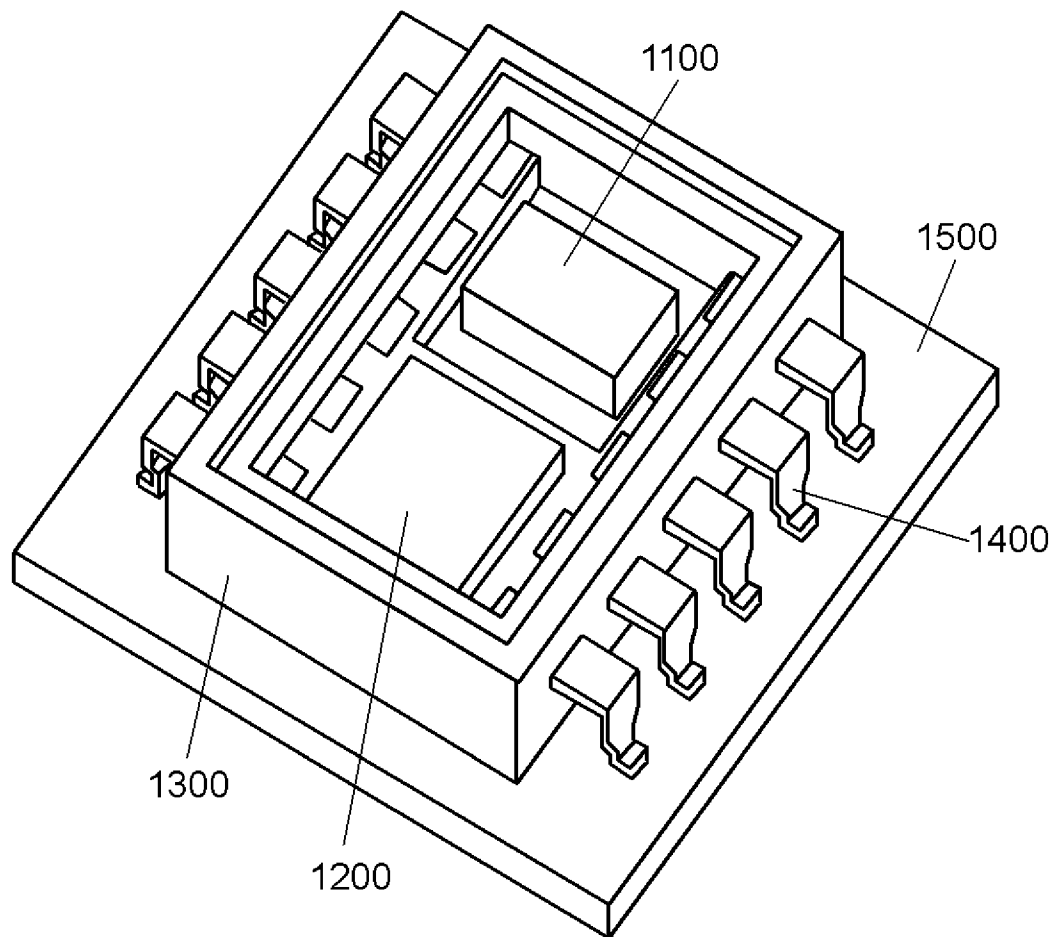
214



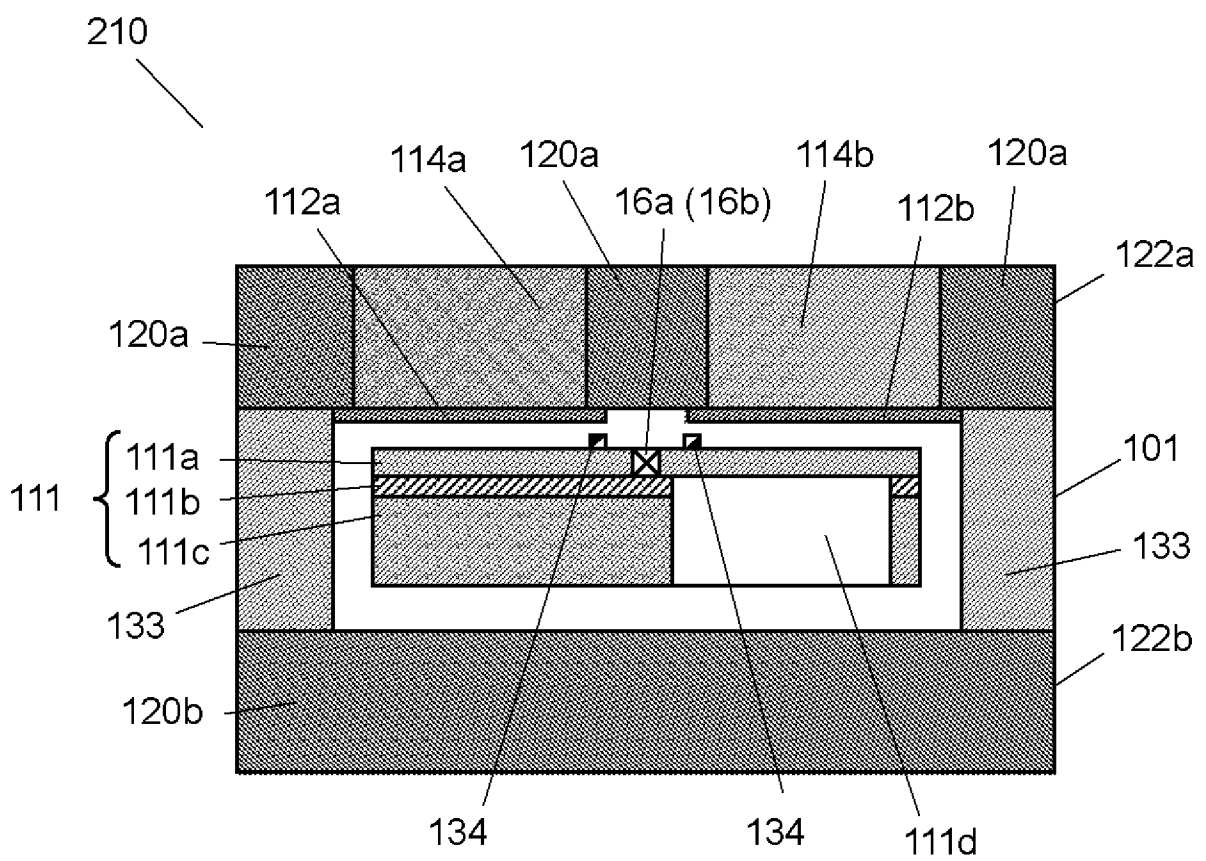
[図6]



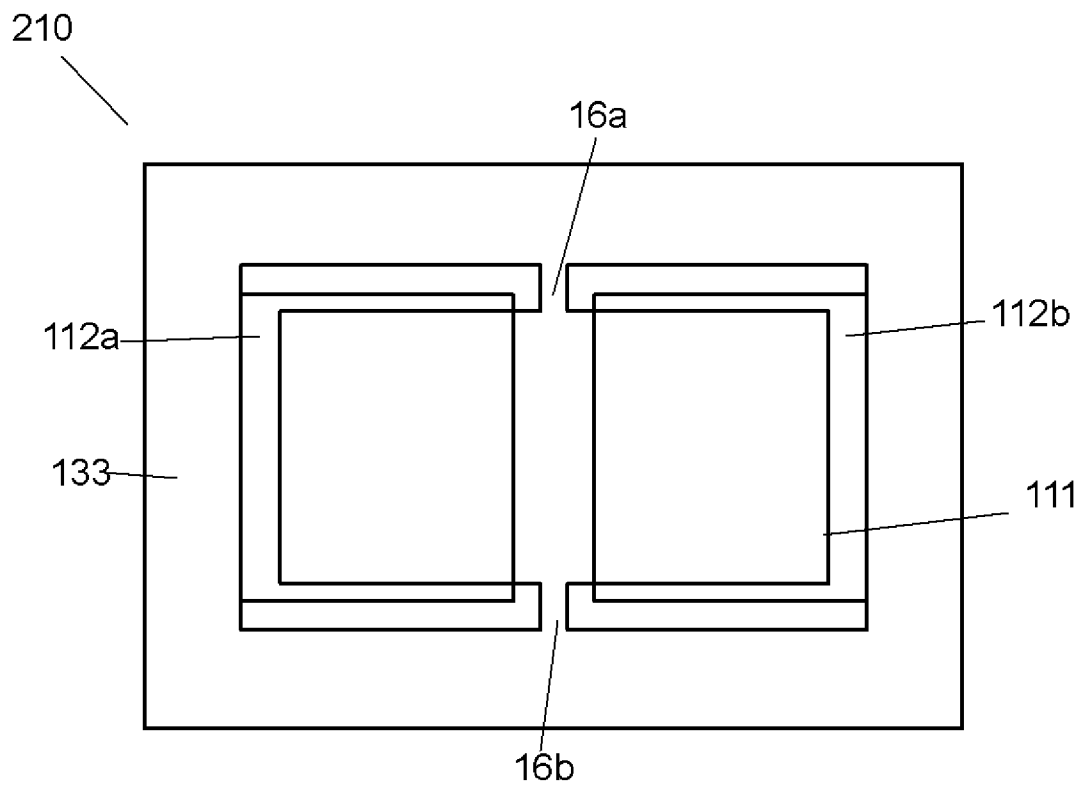
[図7]



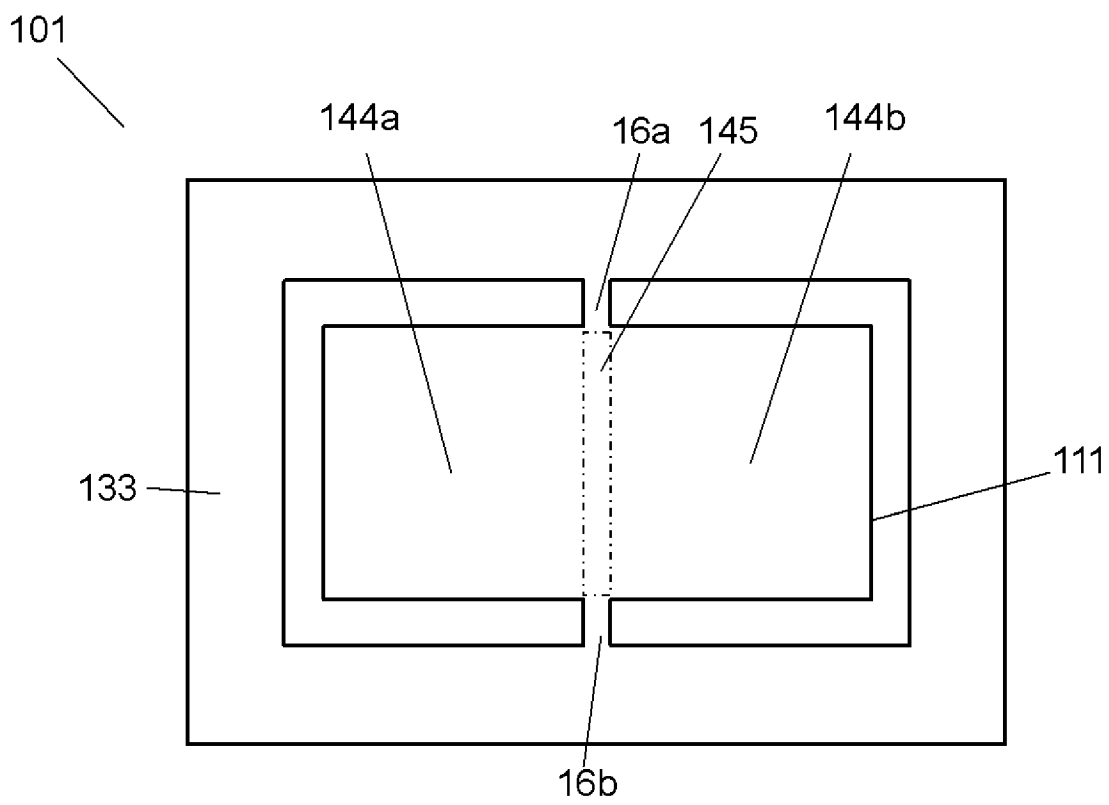
[図8A]



[図8B]



[図8C]



101



212



11

11-

11

133

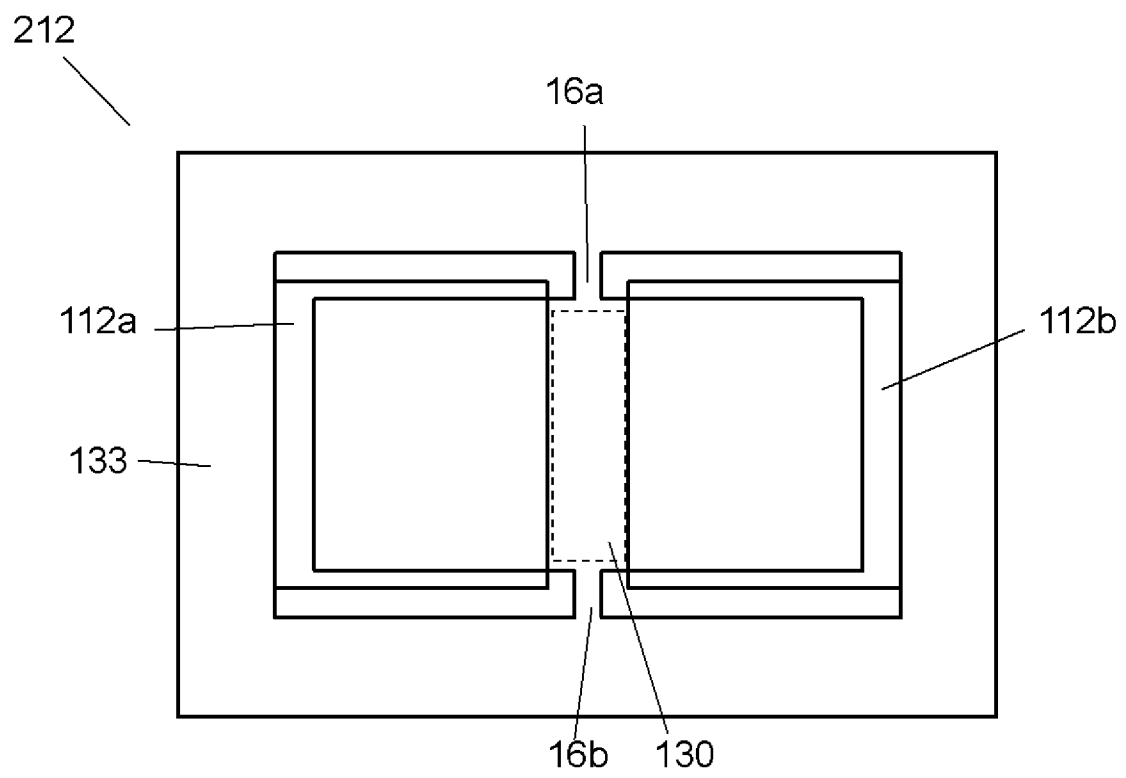
1201

134

134

111d

[図9B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/000547

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01P15/125(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G01P15/08(2006.01)i, H01L29/84(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)

G01P15/00-15/18, B81B3/00, H01L29/84

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-66429 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 31 March 2011 (31.03.2011), paragraph [0038] (Family: none)	1-12
A	JP 2011-17693 A (Denso Corp.), 27 January 2011 (27.01.2011), paragraph [0041] & US 2010/0307246 A1	1-12
A	JP 2010-281789 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 16 December 2010 (16.12.2010), paragraphs [0032], [0036] (Family: none)	1-12



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

14 April, 2014 (14.04.14)

Date of mailing of the international search report

22 April, 2014 (22.04.14)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/000547

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-70284 A (Ricoh Co., Ltd.), 27 March 2008 (27.03.2008), paragraphs [0071] to [0072] (Family: none)	1-12
A	JP 2005-265565 A (Sony Corp.), 29 September 2005 (29.09.2005), paragraphs [0024] to [0028] (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01P15/125(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G01P15/08(2006.01)i, H01L29/84(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. G01P15/00-15/18, B81B3/00, H01L29/84			
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 <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>日本国実用新案公報</div> <div>1 9 2 2 - 1 9 9 6 年</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>日本国公開実用新案公報</div> <div>1 9 7 1 - 2 0 1 4 年</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>日本国実用新案登録公報</div> <div>1 9 9 6 - 2 0 1 4 年</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>日本国登録実用新案公報</div> <div>1 9 9 4 - 2 0 1 4 年</div> </div>			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	JP 2011-66429 A（大日本印刷株式会社）2011.03.31, [0038] （ファミリーなし）	1-12	
A	JP 2011-17693 A（株式会社デンソー）2011.01.27, [0041] & US 2010/0307246 A1	1-12	
A	JP 2010-281789 A（株式会社村田製作所）2010.12.16, [0032], [0036]（ファミリーなし）	1-12	
☒ 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 1 4 . 0 4 . 2 0 1 4		国際調査報告の発送日 2 2 . 0 4 . 2 0 1 4	
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） 岡田 卓弥	2 F 9 2 0 6
		電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線	3 2 1 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-70284 A (株式会社リコー) 2008.03.27, [0071]-[0072] (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2005-265565 A (ソニー株式会社) 2005.09.29, [0024]-[0028] (ファミリーなし)	1-12