

(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
2015 年 12 月 17 日(17.12.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/190429 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/17 (2006.01) *H04R 17/00* (2006.01)
H01L 41/053 (2006.01) *H04R 17/02* (2006.01)
H01L 41/113 (2006.01) *H04R 31/00* (2006.01)
H03H 3/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/066453
- (22) 国際出願日: 2015 年 6 月 8 日(08.06.2015)
- (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 2014-122545 2014 年 6 月 13 日(13.06.2014) JP
- (71) 出願人: 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: 羽田 拓生(HADA, Takuo); 〒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). 山本 観照(YAMAMOTO, Kansho); 〒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: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市

北区中之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラルタワー 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, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

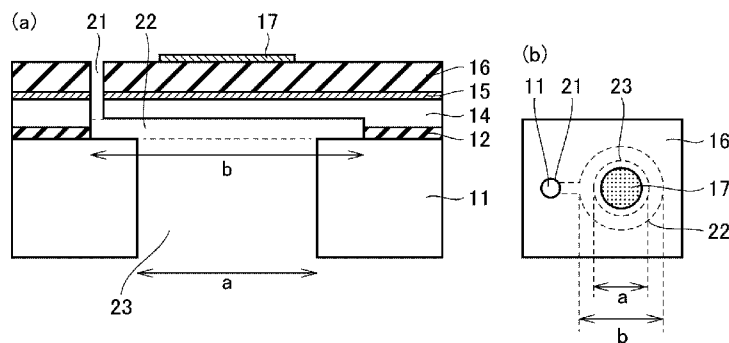
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: PIEZOELECTRIC DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING PIEZOELECTRIC DEVICE

(54) 発明の名称: 圧電デバイスおよび圧電デバイスの製造方法

[図1]



(57) Abstract: This piezoelectric device is provided, on a substrate (11), with a support layer (14), a lower electrode (15), a piezoelectric film (16) and an upper electrode (17) in this order. The substrate (11) is provided with a first opening (23) that penetrates at least a part of the substrate (11) in the thickness direction. A second opening (22) that faces the support layer (14) and the first opening (23) is provided above the first opening (23). The opening area of the first opening (23) is smaller than the opening area of the second opening (22).

(57) 要約: 圧電デバイスは、基板(11)上に、支持層(14)、下部電極(15)、圧電膜(16)および上部電極(17)をこの順に備えている。基板(11)には基板(11)の少なくとも一部を厚さ方向に貫通する第1開口部(23)が設けられている。第1開口部(23)上には、支持層(14)および第1開口部(23)のそれぞれに面する第2開口部(22)が設けられている。第1開口部(23)の開口面積は、第2開口部(22)の開口面積よりも小さくなっている。

WO 2015/190429 A1

明 細 書

発明の名称：圧電デバイスおよび圧電デバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、圧電デバイスおよび圧電デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、圧電デバイスの特性を向上させるために、メンブレン部を有する圧電デバイスが知られている。メンブレン部は、基板に形成された凹部または開口部などの空間上に位置する圧電層と当該圧電層を挟み込む2つの電極とが組み合わされた部分である。

[0003] たとえば、特許文献1には、以下のような圧電デバイスの製造方法が開示されている（特許文献1の段落[0034]～[0042]参照）。まず、基板の表面上にパッシベーション層を形成する。次に、基板の裏面の一部をドライエッチングすることによって基板を貫通してパッシベーション層に達する開口部を形成する。次に、パッシベーション層上に、第1導電層、圧電層および第2導電層を順次積層することによって、メンブレン部を有する圧電デバイスが作製される。

[0004] また、特許文献2には、以下のような圧電デバイスの製造方法が開示されている（特許文献2の段落[0029]～[0040]参照）。まず、シリコン基材上に絶縁体からなるBOX（Buried Oxide）層および単結晶シリコンからなるシリコン層をこの順に積層する。次に、シリコン層の所定の位置にトレンチを形成し、トレンチに埋め込み酸化膜を形成する。次に、シリコン層上に、下部電極、圧電体膜および上部電極を順次形成し、ディープRIE法を用いて、シリコン基材の裏面からBOX層に達するまで所定箇所のシリコン基材を除去し、開口部を形成する。最後に、フッ素系ガスを用いたりアクティブイオンエッチング（RIE）またはバッファードフッ酸（BHF）溶液を用いたエッチングにより、開口部の底部から露出したBOX層および埋め込み酸化膜を除去し、メンブレン部を有する圧電デバイスが作製され

る。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：米国特許出願公開第2011／0198970号明細書

特許文献2：特開2010－118730号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1および特許文献2に記載の圧電デバイスの製造方法においては、ドライエッチングによる開口部の形成の加工精度（形状および寸法のばらつき、ならびにウェハ面内のばらつきを含む）を高くすることができなかった。特に、超音波トランスデューサやマイクなどに用いられる圧電デバイスでは、メンブレン部が面外振動することで動作するため、開口部の形状および寸法（メンブレン部の形状および寸法）がメンブレン部の振動（特に周波数）に影響を与えていた。したがって、特許文献1および特許文献2に記載の製造方法で製造された圧電デバイスは、特性（特に周波数特性）のばらつきが大きいという問題があった。

[0007] 上記の事情に鑑みて、本発明は、特性のばらつきを抑制することができる圧電デバイスおよび圧電デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明に係る圧電デバイスは、基板と、基板上の支持層と、支持層上の下部電極と、下部電極上の圧電膜と、圧電膜上の上部電極とを備え、基板には基板の少なくとも一部を厚さ方向に貫通する第1開口部が設けられており、第1開口部上には、支持層および第1開口部のそれぞれに面する第2開口部が設けられており第1開口部の開口面積が第2開口部の開口面積よりも小さくなっている。

[0009] 本発明に係る圧電デバイスにおいては、平面視において、第2開口部が第1開口部を含むように設けられていてもよい。

[0010] 本発明に係る圧電デバイスにおいては、第2開口部が、基板および支持層の少なくとも一方に設けられていてもよい。

[0011] 本発明に係る圧電デバイスは、基板と支持層との間の絶縁層をさらに備えていてもよい。

[0012] 本発明に係る圧電デバイスにおいては、第2開口部が絶縁層に設けられていてもよい。

本発明に係る圧電デバイスの製造方法は、基板の表面上および表面下の少なくとも一方に犠牲層を形成する工程と、犠牲層上に支持層を形成する工程と、支持層上に下部電極を形成する工程と、下部電極上に圧電膜を形成する工程と、圧電膜上に上部電極を形成する工程と、犠牲層を除去することによって第2開口部を形成する工程と、基板の少なくとも一部を厚さ方向に除去することによって基板の少なくとも一部を厚さ方向に貫通する第1開口部を形成する工程と、を含み、第1開口部を形成する工程は、第1開口部の開口面積が第2開口部の開口面積よりも小さくなるように行われる。

[0013] 本発明に係る圧電デバイスの製造方法は、第2開口部を形成する工程の前に、少なくとも圧電膜および下部電極をそれぞれ厚さ方向に貫通して犠牲層に達する貫通孔を形成する工程をさらに含んでもよい。

[0014] 本発明に係る圧電デバイスの製造方法においては、第2開口部を形成する工程の前に第1開口部を形成する工程を行って、第1開口部を形成する工程が第1開口部に犠牲層の表面が露出するように行われてもよい。

[0015] 本発明に係る圧電デバイスの製造方法は、犠牲層を形成する工程の前に、基板上に絶縁層を形成する工程をさらに含んでもよい。

[0016] 本発明に係る圧電デバイスの製造方法において、犠牲層を形成する工程は、絶縁層の表面上および表面下の少なくとも一方に犠牲層を形成するように行われてもよい。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、特性のばらつきを抑制することができる圧電デバイスおよび圧電デバイスの製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1] (a) は実施形態 1 の圧電デバイスの模式的な断面図であり、(b) は (a) に示す実施形態 1 の圧電デバイスを直上から見下ろしたときの模式的な平面図である。

[図2] (a) は実施形態 1 の圧電デバイスの製造方法の一例の製造工程の一部を図解する模式的な断面図であり、(b) は (a) を直上から見下ろしたときの模式的な平面図である。

[図3] (a) は実施形態 1 の圧電デバイスの製造方法の一例の製造工程の一部を図解する模式的な断面図であり、(b) は (a) を直上から見下ろしたときの模式的な平面図である。

[図4] (a) は実施形態 1 の圧電デバイスの製造方法の一例の製造工程の一部を図解する模式的な断面図であり、(b) は (a) を直上から見下ろしたときの模式的な平面図である。

[図5] (a) は実施形態 1 の圧電デバイスの製造方法の一例の製造工程の一部を図解する模式的な断面図であり、(b) は (a) を直上から見下ろしたときの模式的な平面図である。

[図6] (a) ～ (e) は、実施形態 2 の圧電デバイスの製造方法を図解する模式的な断面図である。

[図7] (a) ～ (e) は、実施形態 3 の圧電デバイスの製造方法を図解する模式的な断面図である。

[図8] (a) ～ (e) は、実施形態 4 の圧電デバイスの製造方法を図解する模式的な断面図である。

[図9] (a) ～ (d) は、実施形態 5 の圧電デバイスの製造方法を図解する模式的な断面図である。

[図10] (a) ～ (e) は、実施形態 6 の圧電デバイスの製造方法を図解する模式的な断面図である。

[図11] (a) ～ (d) は、実施形態 7 の圧電デバイスの製造方法を図解する模式的な断面図である。

[図12] (a) ~ (e) は、実施形態8の圧電デバイスの製造方法を図解する模式的な断面図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の一例である実施形態について説明する。なお、実施形態の説明に用いられる図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表わすものとする。

[0020] [実施形態1]

<圧電デバイスの構造>

図1 (a) に、実施形態1の圧電デバイスの模式的な断面図を示す。また、図1 (b) に、図1 (a) に示す実施形態1の圧電デバイスを直上から見下ろしたときの模式的な平面図を示す。

[0021] 図1 (a) に示すように、実施形態1の圧電デバイスは、基板11と、基板11上の絶縁層12と、絶縁層12上の支持層14と、支持層14上の下部電極15と、下部電極15上の圧電膜16と、圧電膜16上の上部電極17とを備えている。

[0022] また、実施形態1の圧電デバイスには、基板11を厚さ方向に貫通する第1開口部23が設けられている。また、第1開口部23上には、支持層14および第1開口部23のそれぞれに面する第2開口部22が設けられている。さらに、実施形態1の圧電デバイスには、圧電膜16、下部電極15および支持層14をそれぞれ厚さ方向に貫通して第2開口部22に達する貫通孔21が設けられている。

[0023] ここで、第1開口部23は基板11に設けられているが、第2開口部22は支持層14と絶縁層12とに設けられている。

[0024] また、実施形態1の圧電デバイスにおいては、図1 (a) および図1 (b) に示すように、第1開口部23の直径aが第2開口部22の直径bよりも小さくなっている。そのため、第1開口部23の開口面積は、第2開口部22の開口面積よりも小さくなっている。また、図1 (b) の平面視に示すように、第2開口部22は、第1開口部23を含むように設けられている。

[0025] <圧電デバイスの製造方法>

以下、図2～図5を参照して、実施形態1の圧電デバイスの製造方法の一例について説明する。まず、図2(a)の模式的断面図および図2(b)の模式的平面図に示すように、基板11の表面上に絶縁層12を形成する。ここで、基板11としては、たとえば厚さ600 μ m程度のシリコン(Si)基板を用いることができる。また、絶縁層12としては、たとえば熱酸化法により形成した厚さ1.5 μ m程度の酸化シリコン(SiO₂)膜を形成することができる。

[0026] 次に、図2(a)および図2(b)に示すように、絶縁層12上に犠牲層13を形成する。ここで、犠牲層13としては、たとえばスパッタリング法により厚さ20nm～1 μ m程度のチタン(Ti)膜を所望のメンブレン部の形状に形成することができる。なお、犠牲層13としては、Ti膜以外にも、たとえば、アルミニウム(Al)膜またはSiO₂膜などの各種の金属、合金または酸化物などからなる膜を形成することもできる。

[0027] 次に、図3(a)の模式的断面図および図3(b)の模式的平面図に示すように、犠牲層13の全体を被覆するように絶縁層12上に支持層14を形成する。ここで、支持層14としては、たとえばスパッタリング法により窒化アルミニウム(AlN)膜を形成することができる。

[0028] 次に、図3(a)および図3(b)に示すように、支持層14上に下部電極15を形成する。ここで、下部電極15としては、たとえばスパッタリング法によりモリブデン(Mo)膜を形成することができる。

[0029] 次に、図3(a)および図3(b)に示すように、下部電極15上に圧電膜16を形成する。ここで、圧電膜16としては、たとえばスパッタリング法によりAlN膜を形成することができるが、AlN膜以外にも、たとえばチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、ニオブ酸カリウムナトリウム(KNN)または酸化亜鉛(ZnO)などからなる膜を形成することもできる。

[0030] 次に、図3(a)および図3(b)に示すように、圧電膜16上に上部電極17を形成する。ここで、上部電極17としては、たとえばスパッタリン

グ法によりA I膜やM o膜を形成することができる。

[0031] 次に、図4 (a) の模式的断面図および図4 (b) の模式的平面図に示すように、貫通孔21を形成する。ここで、貫通孔21は、圧電膜16および下部電極15をそれぞれ厚さ方向に貫通して犠牲層13に達するように、たとえば10 μ m程度の直径の開口部を有する円筒状に圧電膜16および下部電極15をそれぞれ除去して形成することができる。なお、貫通孔21の形成方法は特に限定されないが、たとえば、ドライエッチングまたはウェットエッチングなどを用いることができる。

[0032] 次に、図5 (a) の模式的断面図および図5 (b) の模式的平面図に示すように、貫通孔21を通してエッチング液を犠牲層13に導いて犠牲層13をウェットエッチングにより除去する。これにより、支持層14と基板11との間の空間である第2開口部22が形成される。

[0033] その後、図1 (a) に示すように、基板11に第1開口部23を形成する。ここで、第1開口部23は、たとえば、基板11を裏面側（絶縁層12が形成されている側とは反対側）から第2開口部22に達するまでドライエッチングにより除去することによって形成することができる。

[0034] 以上により、実施形態1の圧電デバイスを作製することができる。実施形態1の圧電デバイスのメンブレン部は、第2開口部22の上方に位置する下部電極15と圧電膜16と上部電極17との積層構造部分となる。

[0035] <作用効果>

実施形態1においては、犠牲層13の形状および寸法によってメンブレン部の形状および寸法を定めることができる。したがって、実施形態1においては、ドライエッチングによって基板に開口部を設けてメンブレン部を形成する特許文献1および特許文献2と比べて、メンブレン部の形状および寸法を定める加工精度を高めることができる。したがって、実施形態1においては、特許文献1および特許文献2と比べて、圧電デバイスの特性（特に周波数特性）のばらつきを小さくすることができる。

[0036] すなわち、犠牲層13は基板11よりも圧倒的に薄いため、実施形態1の

犠牲層 13 の形状および寸法のばらつきは、特許文献 1 および特許文献 2 のように基板を裏面側からドライエッチングすることによって形成される開口部の形状および寸法のばらつきよりも大きく抑えることができる。実施形態 1 においては、犠牲層 13 の形状および寸法によってメンブレン部の形状および寸法が定められるため、圧電デバイスの特性（特に周波数特性）のばらつきも抑制することができる。

[0037] さらに、実施形態 1 においては、犠牲層 13 を除去することによって形成された第 2 開口部 22 と、基板 11 を除去することによって形成された第 1 開口部 23 とによって、メンブレン部の下方の空間の体積を大きくしているため、当該空間の空気等の音響伝達媒介の弾性がメンブレン部の振動（特に振幅）を阻害しにくくなる。そのため、実施形態 1 においては、圧電デバイスの特性（特に振幅特性、超音波トランスデューサであれば音圧）を良好にすることもできる。

[0038] 以上のように、実施形態 1 においては、基板 11 よりも厚さが十分に薄い犠牲層 13 でメンブレン部の形状および寸法を定めることによって圧電デバイスの特性のばらつきを低減することができる。さらに、基板 11 の下方に第 2 開口部 22 よりも開口面積の小さい第 1 開口部 23 を設けることによって、第 2 開口部 22 で定められたメンブレン部の形状および寸法に影響を与えることなく、メンブレン部の下方の空間の体積を大きくすることができる。以上により、実施形態 1 においては、良好な特性を発現することができるとともに、特性のばらつきを低減することができる圧電デバイスを提供することができる。

[0039] なお、上記において、下部電極 15 および上部電極 17 としては、上記以外にも、たとえば白金（Pt）、金（Au）、Al、チタン（Ti）、ニッケルクロム（NiCr）、タングステン（W）、ルテニウム（Ru）およびクロム（Cr）からなる群から選択された 1 種または 2 種以上を含む膜を形成することもできる。

[0040] また、上記においては、貫通孔 21 上に下部電極 15 および上部電極 17

の少なくとも一方を形成することもできるが、貫通孔 2 1 上には下部電極 1 5 および上部電極 1 7 を形成しないことが好ましい。

[0041] [実施形態 2]

実施形態 2 は、絶縁層 1 2 を形成することなく、基板 1 1 上に犠牲層 1 3 を直接形成することによって圧電デバイスを作製することを特徴としている。以下、図 6 (a) ~ 図 6 (e) の模式的断面図を参照して、実施形態 2 の圧電デバイスの製造方法について説明する。

[0042] まず、図 6 (a) に示すように、基板 1 1 上に犠牲層 1 3 を形成する。次に、図 6 (b) に示すように、犠牲層 1 3 の全体を被覆するように、基板 1 1 上に支持層 1 4 を形成し、支持層 1 4 上に下部電極 1 5、圧電膜 1 6 および上部電極 1 7 をこの順に積層する。

[0043] 次に、図 6 (c) に示すように、圧電膜 1 6、下部電極 1 5 および支持層 1 4 をそれぞれ厚さ方向に貫通して犠牲層 1 3 に到達する貫通孔 2 1 を形成する。次に、図 6 (d) に示すように、貫通孔 2 1 からエッチング液を導入することによって犠牲層 1 3 を除去する。これにより、支持層 1 4 に第 2 開口部 2 2 が形成される。

[0044] 次に、図 6 (e) に示すように、基板 1 1 を裏面側から第 2 開口部 2 2 に達するまでドライエッチングにより除去することによって第 1 開口部 2 3 を形成する。以上により、実施形態 2 の圧電デバイスを製造することができる。

[0045] 実施形態 2 においても、基板 1 1 よりも厚さが十分に薄い犠牲層 1 3 でメンブレン部の形状および寸法を定めることができるとともに、基板 1 1 の下方に第 2 開口部 2 2 よりも開口面積の小さい第 1 開口部 2 3 を設けることによって、第 2 開口部 2 2 で定められたメンブレン部の形状および寸法に影響を与えることなくメンブレン部の下方の空間の体積を大きくすることができる。そのため、実施形態 2 においても、良好な特性を発現することができる。とともに、特性のばらつきを低減することができる圧電デバイスを提供することができる。

[0046] さらに、実施形態2においては、絶縁層12を形成する工程を行う必要がないため、工数を減少させることができる。そのため、圧電デバイスの製造コストを低減できるとともに、圧電デバイスを効率的に製造することができる。

[0047] 実施形態2における上記以外の説明は実施形態1と同様であるため、その説明については繰り返さない。

[0048] [実施形態3]

実施形態3は、絶縁層12を形成することなく、基板11の表面下に犠牲層13を埋め込むことによって圧電デバイスを作製することを特徴としている。以下、図7(a)～図7(e)の模式的断面図を参照して、実施形態3の圧電デバイスの製造方法について説明する。

[0049] まず、図7(a)に示すように、基板11の表面の一部を除去するとともに、基板11の表面の除去部分を埋めるように犠牲層13を形成する。ここで、基板11の表面の除去方法は特に限定されず、たとえば、ドライエッチングまたはウエットエッチングなどを用いることができる。

[0050] 次に、図7(b)に示すように、犠牲層13の全体を被覆するように、基板11上に支持層14を形成し、支持層14上に下部電極15、圧電膜16および上部電極17をこの順に積層する。

[0051] 次に、図7(c)に示すように、圧電膜16、下部電極15および支持層14をそれぞれ厚さ方向に貫通して犠牲層13に到達する貫通孔21を形成する。次に、図7(d)に示すように、貫通孔21からエッチング液を導入することによって犠牲層13を除去する。これにより、基板11に第2開口部22が形成される。

[0052] 次に、図7(e)に示すように、基板11を裏面側から第2開口部22に達するまでドライエッチングにより除去することによって第1開口部23を形成する。以上により、実施形態3の圧電デバイスを製造することができる。

[0053] 実施形態3においても、基板11よりも厚さが十分に薄い犠牲層13でメ

ンブレン部の形状および寸法を定めるとともに、基板 1 1 の下方に第 2 開口部 2 2 よりも開口面積の小さい第 1 開口部 2 3 を設けることによって、第 2 開口部 2 2 で定められたメンブレン部の形状および寸法に影響を与えることなくメンブレン部の下方の空間の体積を大きくすることができる。そのため、実施形態 3 においても、良好な特性を発現することができるとともに、特性のばらつきを低減することができる圧電デバイスを提供することができる。

[0054] 実施形態 3 における上記以外の説明は実施形態 1 ～ 2 と同様であるため、その説明については繰り返さない。

[0055] [実施形態 4]

実施形態 4 は、絶縁層 1 2 の表面下に犠牲層 1 3 を埋め込むことによって圧電デバイスを作製することを特徴としている。以下、図 8 (a) ～ 図 8 (e) の模式的断面図を参照して、実施形態 4 の圧電デバイスの製造方法について説明する。

[0056] まず、図 8 (a) に示すように、基板 1 1 上に絶縁層 1 2 を形成し、絶縁層 1 2 の表面の一部を除去する。そして、絶縁層 1 2 の表面の除去部分を埋めるように犠牲層 1 3 を形成する。ここで、絶縁層 1 2 の表面の除去方法は特に限定されず、たとえば、ドライエッチングまたはウエットエッチングなどを用いることができる。

[0057] 次に、図 8 (b) に示すように、犠牲層 1 3 の全体を被覆するように、基板 1 1 上に支持層 1 4 を形成し、支持層 1 4 上に下部電極 1 5、圧電膜 1 6 および上部電極 1 7 をこの順に積層する。

[0058] 次に、図 8 (c) に示すように、圧電膜 1 6、下部電極 1 5 および支持層 1 4 をそれぞれ厚さ方向に貫通して犠牲層 1 3 に到達する貫通孔 2 1 を形成する。次に、図 8 (d) に示すように、貫通孔 2 1 からエッチング液を導入することによって犠牲層 1 3 を除去する。これにより、絶縁層 1 2 に第 2 開口部 2 2 が形成される。

[0059] 次に、図 8 (e) に示すように、基板 1 1 を裏面側から第 2 開口部 2 2 に

達するまでドライエッチングにより除去することによって第1開口部23を形成する。以上により、実施形態4の圧電デバイスを製造することができる。

[0060] 実施形態4においても、基板11よりも厚さが十分に薄い犠牲層13でメンブレン部の形状および寸法を定めるとともに、基板11の下方に第2開口部22よりも開口面積の小さい第1開口部23を設けることによって、第2開口部22で定められたメンブレン部の形状および寸法に影響を与えることなくメンブレン部の下方の空間の体積を大きくすることができる。そのため、実施形態4においても、良好な特性を発現することができるとともに、特性のばらつきを低減することができる圧電デバイスを提供することができる。

[0061] 実施形態4における上記以外の説明は実施形態1～3と同様であるため、その説明については繰り返さない。

[0062] [実施形態5]

実施形態5は、絶縁層12および貫通孔21を形成することなく圧電デバイスを作製することを特徴としている。以下、図9(a)～図9(d)の模式的断面図を参照して、実施形態5の圧電デバイスの製造方法について説明する。

[0063] まず、図9(a)に示すように、基板11上に犠牲層13を直接形成する。ここで、犠牲層13としては、後述する基板11のエッチングにおけるエッチングストップ層として機能する材質を用いることが好ましい。このような材質としては、たとえば、 SiO_2 、Ti、またはAlなどを用いることができる。

[0064] 次に、図9(b)に示すように、犠牲層13の全体を被覆するように、基板11上に支持層14を形成し、支持層14上に下部電極15、圧電膜16および上部電極17をこの順に積層する。

[0065] 次に、図9(c)に示すように、基板11を裏面側から犠牲層13に達するまでエッチングにより除去することによって第1開口部23を形成する。

基板 1 1 のエッチング方法は特に限定されないが、たとえばドライエッチングまたはウエットエッチングにより行うことができる。

[0066] 次に、図 9 (d) に示すように、第 1 開口部 2 3 を通して犠牲層 1 3 のエッチングを行うことによって第 2 開口部 2 2 を形成する。これにより、支持層 1 4 に第 2 開口部 2 2 が形成される。以上により、実施形態 5 の圧電デバイスが作製される。

[0067] ここで、犠牲層 1 3 の除去方法は特に限定されないが、ウエットエッチングを用いることが好ましい。犠牲層 1 3 をウエットエッチングにより除去した場合には、犠牲層 1 3 を高い精度で除去することができるため、メンブレン部の形状および寸法のばらつきをより低減することができる。そのため、実施形態 5 の圧電デバイスの特性のばらつきをさらに抑制することができる。

[0068] 実施形態 5 においても、基板 1 1 よりも厚さが十分に薄い犠牲層 1 3 でメンブレン部の形状および寸法を定めることができるとともに、基板 1 1 の下方に第 2 開口部 2 2 よりも開口面積の小さい第 1 開口部 2 3 を設けることによって、第 2 開口部 2 2 で定められたメンブレン部の形状および寸法に影響を与えることなくメンブレン部の下方の空間の体積を大きくすることができる。そのため、実施形態 5 においても、良好な特性を発現することができるとともに、特性のばらつきを低減することができる圧電デバイスを提供することができる。

[0069] さらに、実施形態 5 においては、貫通孔 2 1 を形成する必要がないため、音波が貫通孔 2 1 から漏れることによって音響特性に悪影響を与えることもない。そのため、実施形態 5 の圧電デバイスの特性は、実施形態 1 ～ 4 の圧電デバイスの特性よりも良好なものとなる。

[0070] また、実施形態 5 においては、実施形態 1 ～ 4 よりも少ない工数で圧電デバイスを製造することができる。そのため、圧電デバイスの製造コストを低減できるとともに、圧電デバイスを効率的に製造することができる。すなわち、実施形態 1 ～ 4 においては、第 1 開口部 2 3 の形成前に犠牲層 1 3 を除

去するため、犠牲層 1 3 を除去するための貫通孔 2 1 を形成する工程が必要となる。一方、実施形態 5 においては、第 1 開口部 2 3 の形成後に犠牲層 1 3 を除去するため、第 1 開口部 2 3 を通して犠牲層 1 3 を除去することができることから、貫通孔 2 1 を形成する工程が必要ない。また、上述のように、実施形態 1 ～ 4 の圧電デバイス（特に超音波トランスデューサ）においては、貫通孔 2 1 から音波が漏れてしまい、特性が悪化することがある。このような特性の悪化を抑制するため、貫通孔 2 1 を埋める方法も考えられるが、貫通孔 2 1 を埋める工程の分だけ、圧電デバイスの製造工程が増加する。

[0071] 実施形態 5 における上記以外の説明は実施形態 1 ～ 4 と同様であるため、その説明については繰り返さない。

[0072] [実施形態 6]

実施形態 6 は、貫通孔 2 1 は形成しないが、絶縁層 1 2 を形成して圧電デバイスを作製することを特徴としている。以下、図 1 0 (a) ～ 図 1 0 (e) の模式的断面図を参照して、実施形態 6 の圧電デバイスの製造方法について説明する。

[0073] まず、図 1 0 (a) に示すように、基板 1 1 上に絶縁層 1 2 を形成し、絶縁層 1 2 上に犠牲層 1 3 を形成する。次に、図 1 0 (b) に示すように、犠牲層 1 3 の全体を被覆するように、基板 1 1 上に支持層 1 4 を形成し、支持層 1 4 上に下部電極 1 5、圧電膜 1 6 および上部電極 1 7 をこの順に積層する。

[0074] 次に、図 1 0 (c) に示すように、基板 1 1 を裏面側から絶縁層 1 2 に達するまでエッチングにより除去することによって第 1 開口部 2 3 の前段階となる開口部 2 3 a を形成する。

[0075] 次に、図 1 0 (d) に示すように、開口部 2 3 a から露出している絶縁層 1 2 を除去することによって犠牲層 1 3 の表面を露出させ、第 1 開口部 2 3 を形成する。

[0076] 次に、図 1 0 (e) に示すように、第 1 開口部 2 3 を通して犠牲層 1 3 のエッチングを行うことによって第 2 開口部 2 2 を形成する。これにより、支

持層 1 4 に第 2 開口部 2 2 が形成される。以上により、実施形態 6 の圧電デバイスが作製される。

[0077] 実施形態 6 においても、基板 1 1 よりも厚さが十分に薄い犠牲層 1 3 でメンブレン部の形状および寸法を定めることができるとともに、基板 1 1 の下方に第 2 開口部 2 2 よりも開口面積の小さい第 1 開口部 2 3 を設けることによって、第 2 開口部 2 2 で定められたメンブレン部の形状および寸法に影響を与えることなくメンブレン部の下方の空間の体積を大きくすることができる。そのため、実施形態 6 においても、良好な特性を発現することができるとともに、特性のばらつきを低減することができる圧電デバイスを提供することができる。

[0078] さらに、実施形態 6 においても、貫通孔 2 1 を形成する必要がないため、音波が貫通孔 2 1 から漏れることによって音響特性に悪影響を与えることもない。そのため、実施形態 6 の圧電デバイスの特性も、実施形態 1 ～ 4 の圧電デバイスの特性よりも良好なものとなる。

[0079] また、実施形態 6 においても、第 1 開口部 2 3 を通して犠牲層 1 3 を除去することができることから、貫通孔 2 1 を形成する工程が必要ないため、実施形態 1 ～ 4 よりも少ない工数で圧電デバイスを製造することができる。

[0080] 実施形態 6 における上記以外の説明は実施形態 1 ～ 5 と同様であるため、その説明については繰り返さない。

[0081] [実施形態 7]

実施形態 7 は、絶縁層 1 2 および貫通孔 2 1 を形成することなく、基板 1 1 の表面下に犠牲層 1 3 を埋め込むことによって圧電デバイスを作製することを特徴としている。以下、図 1 1 (a) ～ 図 1 1 (d) の模式的断面図を参照して、実施形態 7 の圧電デバイスの製造方法について説明する。

[0082] まず、図 1 1 (a) に示すように、基板 1 1 の表面の一部を除去するとともに基板 1 1 の表面の除去部分を埋めるように犠牲層 1 3 を形成する。

[0083] 次に、図 1 1 (b) に示すように、犠牲層 1 3 の全体を被覆するように、基板 1 1 上に支持層 1 4 を形成し、支持層 1 4 上に下部電極 1 5、圧電膜 1

6 および上部電極 17 をこの順に積層する。

[0084] 次に、図 11 (c) に示すように、基板 11 を裏面側から犠牲層 13 に達するまでエッチングにより除去することによって第 1 開口部 23 の前段階となる開口部 23 a を形成する。

[0085] 次に、図 11 (d) に示すように、開口部 23 a から露出している犠牲層 13 を除去することによって支持層 14 の表面を露出させ、第 1 開口部 23 を形成する。以上により、実施形態 7 の圧電デバイスが作製される。

[0086] 実施形態 7 においても、基板 11 よりも厚さが十分に薄い犠牲層 13 でメンブレン部の形状および寸法を定めることができるとともに、基板 11 の下方に第 2 開口部 22 よりも開口面積の小さい第 1 開口部 23 を設けることによって、第 2 開口部 22 で定められたメンブレン部の形状および寸法に影響を与えることなくメンブレン部の下方の空間の体積を大きくすることができる。そのため、実施形態 7 においても、良好な特性を発現することができるとともに、特性のばらつきを低減することができる圧電デバイスを提供することができる。

[0087] さらに、実施形態 7 においても、貫通孔 21 を形成する必要がないため、音波が貫通孔 21 から漏れることによって音響特性に悪影響を与えることもない。そのため、実施形態 7 の圧電デバイスの特性も、実施形態 1～4 の圧電デバイスの特性よりも良好なものとなる。

[0088] また、実施形態 7 においても、第 1 開口部 23 を通して犠牲層 13 を除去することができることから、貫通孔 21 を形成する工程が必要ないため、実施形態 1～4 よりも少ない工数で圧電デバイスを製造することができる。

[0089] 実施形態 7 における上記以外の説明は実施形態 1～6 と同様であるため、その説明については繰り返さない。

[0090] [実施形態 8]

実施形態 8 は、貫通孔 21 を形成することなく絶縁層 12 の表面下に犠牲層 13 を埋め込むことによって圧電デバイスを作製することを特徴としている。以下、図 12 (a)～図 12 (e) の模式的断面図を参照して、実施形

態 8 の圧電デバイスの製造方法について説明する。

- [0091] まず、図 1 2 (a) に示すように、基板 1 1 上に絶縁層 1 2 を形成し、絶縁層 1 2 の表面の一部を除去する。そして、絶縁層 1 2 の表面の除去部分を埋めるように犠牲層 1 3 を形成する。
- [0092] 次に、図 1 2 (b) に示すように、犠牲層 1 3 の全体を被覆するように、基板 1 1 上に支持層 1 4 を形成し、支持層 1 4 上に下部電極 1 5、圧電膜 1 6 および上部電極 1 7 をこの順に積層する。
- [0093] 次に、図 1 2 (c) に示すように、基板 1 1 を裏面側から絶縁層 1 2 に達するまでエッチングにより除去することによって第 1 開口部 2 3 の前段階となる開口部 2 3 a を形成する。
- [0094] 次に、図 1 2 (d) に示すように、開口部 2 3 a から露出している絶縁層 1 2 を除去することによって犠牲層 1 3 の表面を露出させ、第 1 開口部 2 3 を形成する。
- [0095] 次に、図 1 2 (e) に示すように、第 1 開口部 2 3 を通して犠牲層 1 3 のエッチングを行うことによって第 2 開口部 2 2 を形成する。これにより、絶縁層 1 2 に第 2 開口部 2 2 が形成される。以上により、実施形態 8 の圧電デバイスが作製される。
- [0096] 実施形態 8 においても、基板 1 1 よりも厚さが十分に薄い犠牲層 1 3 でメンブレン部の形状および寸法を定めることができるとともに、基板 1 1 の下方に第 2 開口部 2 2 よりも開口面積の小さい第 1 開口部 2 3 を設けることによって、第 2 開口部 2 2 で定められたメンブレン部の形状および寸法に影響を与えることなくメンブレン部の下方の空間の体積を大きくすることができる。そのため、実施形態 7 においても、良好な特性を発現することができる。とともに、特性のばらつきを低減することができる圧電デバイスを提供することができる。
- [0097] さらに、実施形態 8 においても、貫通孔 2 1 を形成する必要がないため、音波が貫通孔 2 1 から漏れることによって音響特性に悪影響を与えることもない。そのため、実施形態 8 の圧電デバイスの特性も、実施形態 1 ～ 4 の圧

電デバイスの特性よりも良好なものとなる。

[0098] また、実施形態 8 においても、第 1 開口部 2 3 を通して犠牲層 1 3 を除去することができることから、貫通孔 2 1 を形成する工程が必要ないため、実施形態 1 ～ 4 よりも少ない工数で圧電デバイスを製造することができる。

[0099] 実施形態 8 における上記以外の説明は実施形態 1 ～ 7 と同様であるため、その説明については繰り返さない。

[0100] 以上のように本発明の実施形態および実施例について説明を行なったが、上述の各実施形態および各実施例の構成を適宜組み合わせることも当初から予定している。

[0101] 今回開示された実施形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、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。

産業上の利用可能性

[0102] 本発明の圧電デバイスは、たとえば、フィルタ、アクチュエータ、センサ、超音波トランスデューサまたはマイクなどに好適に用いることができる。

符号の説明

[0103] 1 1 基板、1 2 絶縁層、1 3 犠牲層、1 4 支持層、1 5 下部電極、1 6 圧電膜、1 7 上部電極、2 1 貫通孔、2 2 第 2 開口部、2 3 第 1 開口部、2 3 a 開口部。

請求の範囲

- [請求項1] 基板と、
 前記基板上の支持層と、
 前記支持層上の下部電極と、
 前記下部電極上の圧電膜と、
 前記圧電膜上の上部電極と、を備え、
 前記基板には前記基板の少なくとも一部を厚さ方向に貫通する第1
開口部が設けられており、
 前記第1開口部上には、前記支持層および前記第1開口部のそれぞ
れに面する第2開口部が設けられており、
 前記第1開口部の開口面積が、前記第2開口部の開口面積よりも小
さい、圧電デバイス。
- [請求項2] 平面視において、前記第2開口部は、前記第1開口部を含むように
設けられる、請求項1に記載の圧電デバイス。
- [請求項3] 前記第2開口部が、前記基板および前記支持層の少なくとも一方に
設けられている、請求項1または請求項2に記載の圧電デバイス。
- [請求項4] 前記基板と前記支持層との間の絶縁層をさらに備える、請求項1～
請求項3のいずれか1項に記載の圧電デバイス。
- [請求項5] 前記第2開口部が前記絶縁層に設けられている、請求項4に記載の
圧電デバイス。
- [請求項6] 基板の表面上および表面下の少なくとも一方に犠牲層を形成する工
程と、
 前記犠牲層上に支持層を形成する工程と、
 前記支持層上に下部電極を形成する工程と、
 前記下部電極上に圧電膜を形成する工程と、
 前記圧電膜上に上部電極を形成する工程と、
 前記犠牲層を除去することによって第2開口部を形成する工程と、
 前記基板の少なくとも一部を厚さ方向に除去することによって前記

基板の少なくとも一部を厚さ方向に貫通する第 1 開口部を形成する工程と、を含み、

前記第 1 開口部を形成する工程は、前記第 1 開口部の開口面積が前記第 2 開口部の開口面積よりも小さくなるように行われる、圧電デバイスの製造方法。

[請求項7] 前記第 2 開口部を形成する工程の前に、少なくとも前記圧電膜および前記下部電極をそれぞれ厚さ方向に貫通して前記犠牲層に達する貫通孔を形成する工程をさらに含む、請求項 6 に記載の圧電デバイスの製造方法。

[請求項8] 前記第 2 開口部を形成する工程の前に、前記第 1 開口部を形成する工程を行い、

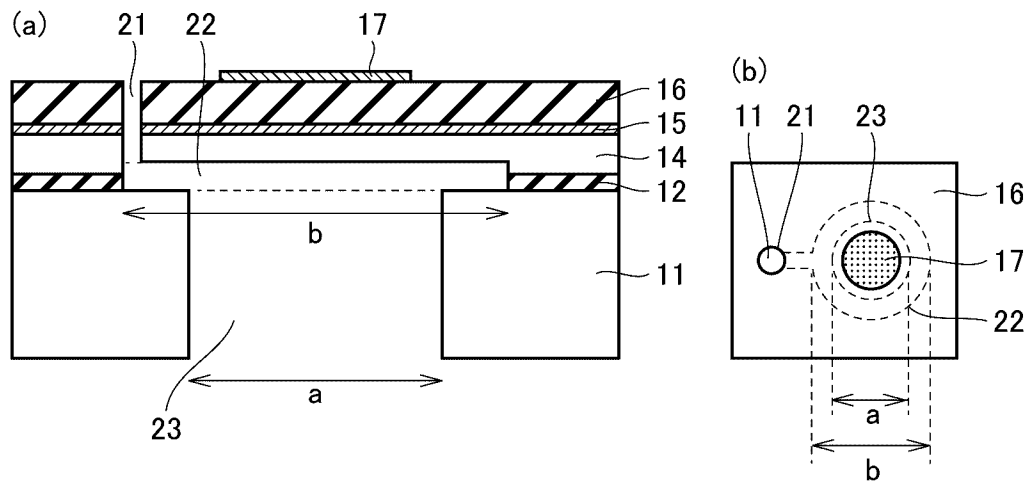
前記第 1 開口部を形成する工程は、前記第 1 開口部に前記犠牲層の表面が露出するように行われる、請求項 6 または請求項 7 に記載の圧電デバイスの製造方法。

[請求項9] 前記犠牲層を形成する工程の前に、前記基板上に絶縁層を形成する工程をさらに含む、請求項 6 ～請求項 8 のいずれか 1 項に記載の圧電デバイスの製造方法。

[請求項10] 前記犠牲層を形成する工程は、前記絶縁層の表面上および表面下の少なくとも一方に前記犠牲層を形成するように行われる、請求項 6 ～請求項 9 のいずれか 1 項に記載の圧電デバイスの製造方法。

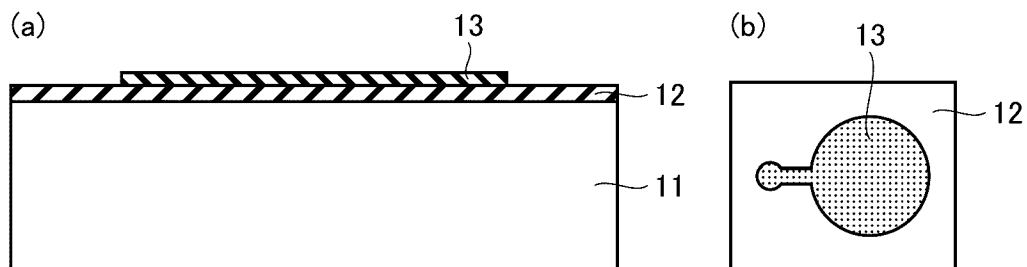
[図1]

FIG.1



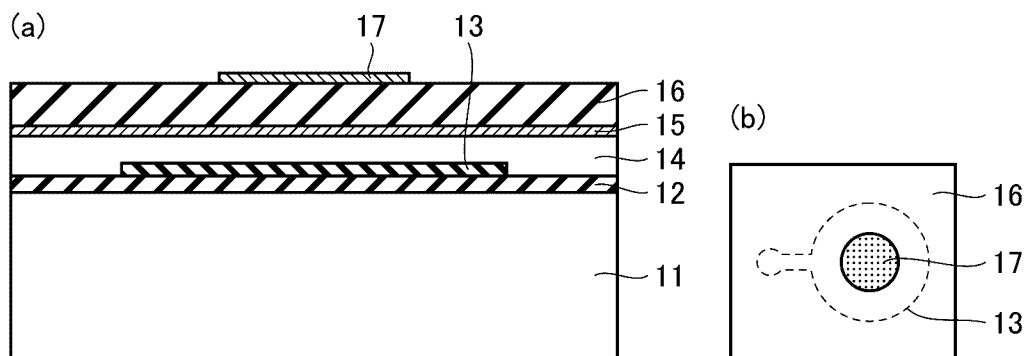
[図2]

FIG.2



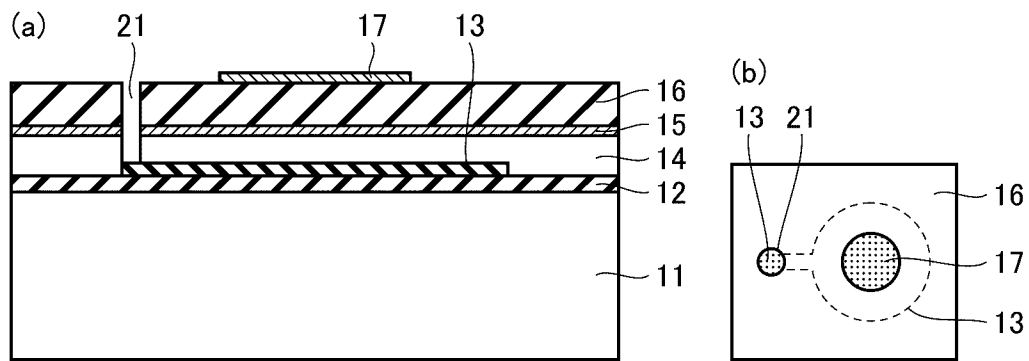
[図3]

FIG.3



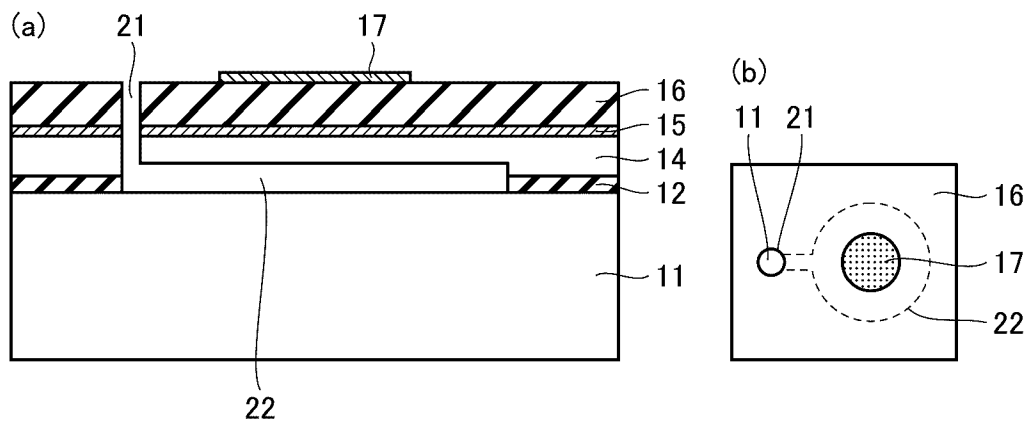
[図4]

FIG.4



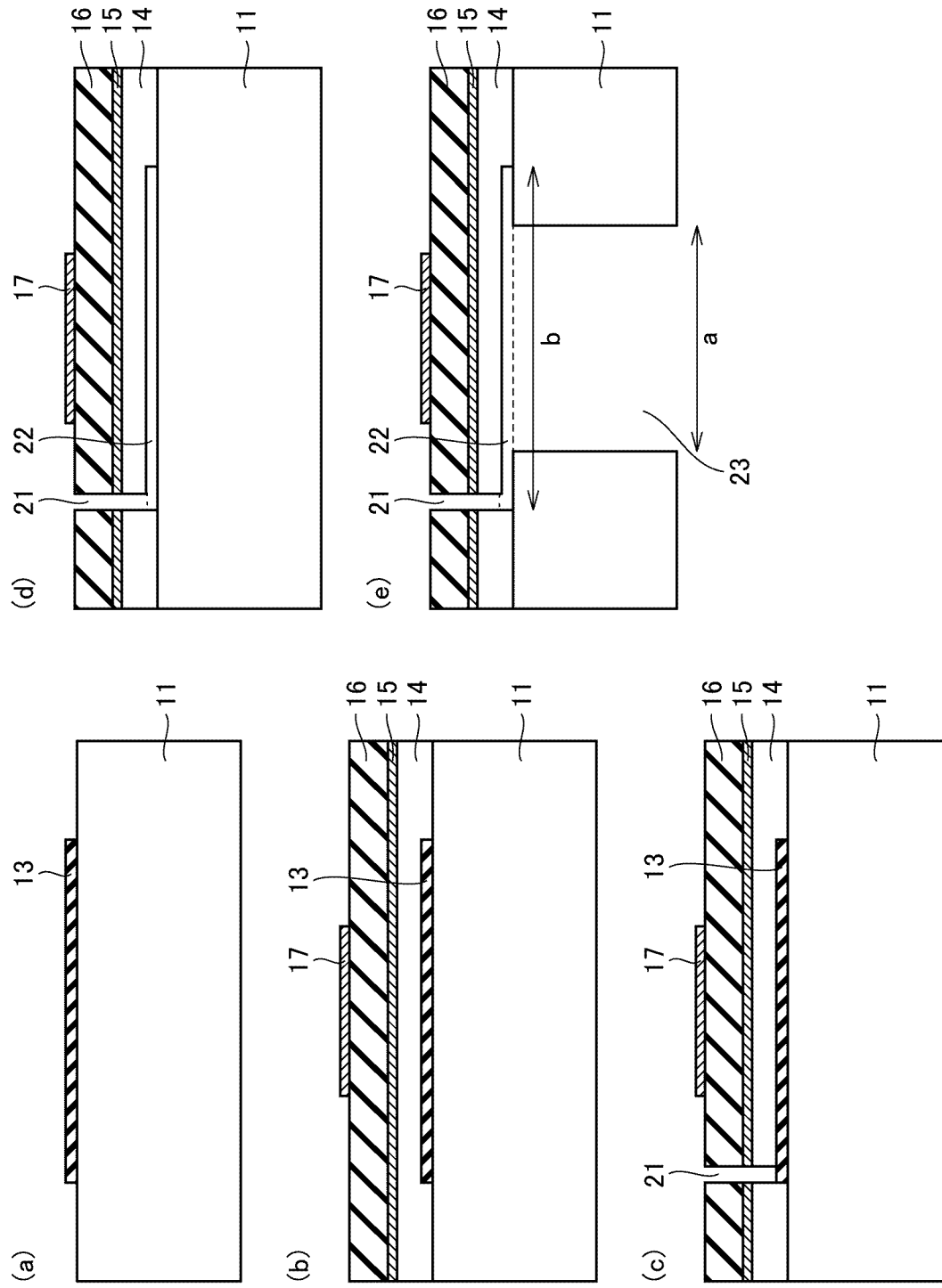
[図5]

FIG.5



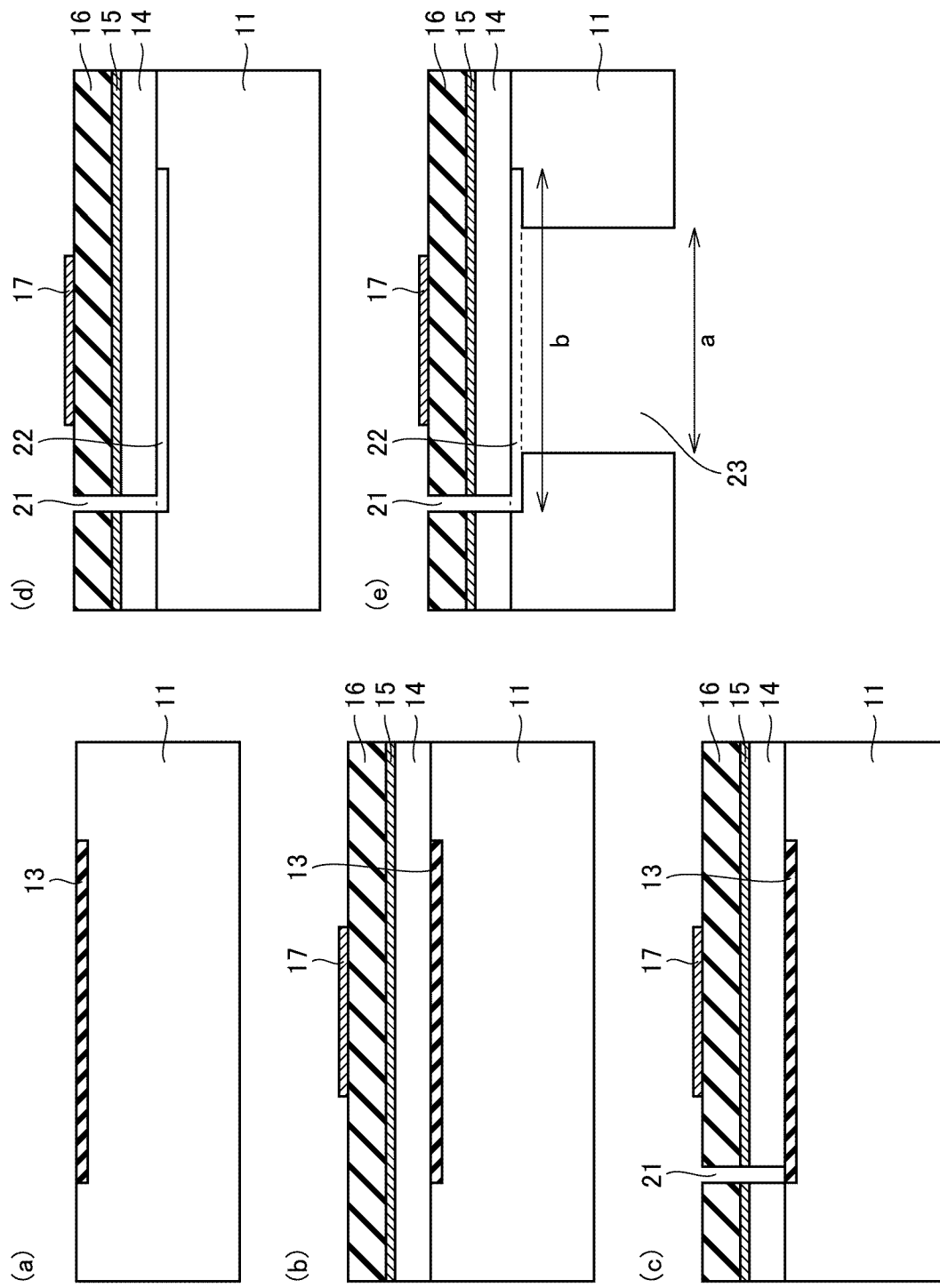
[図6]

FIG.6



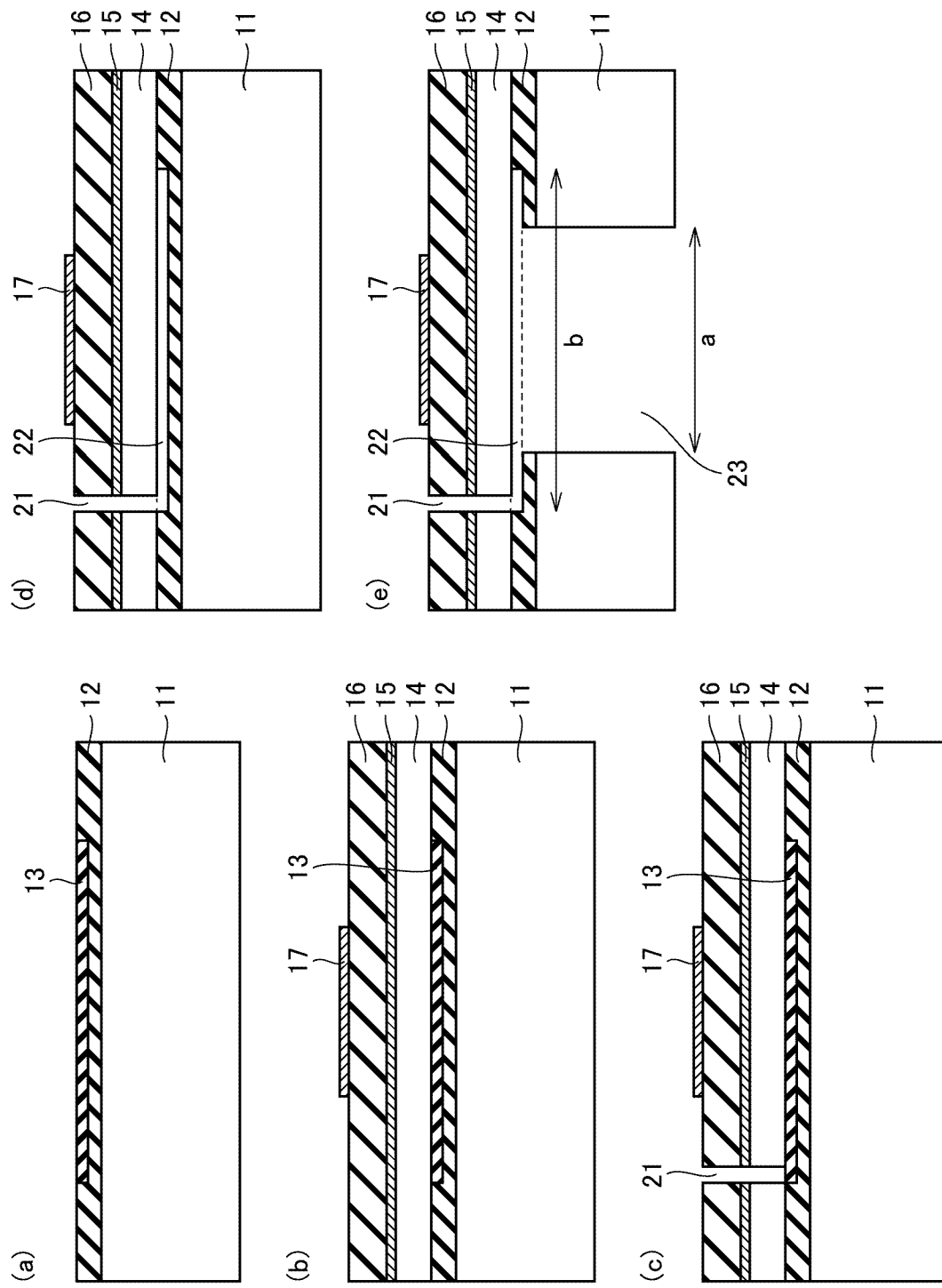
[図7]

FIG. 7

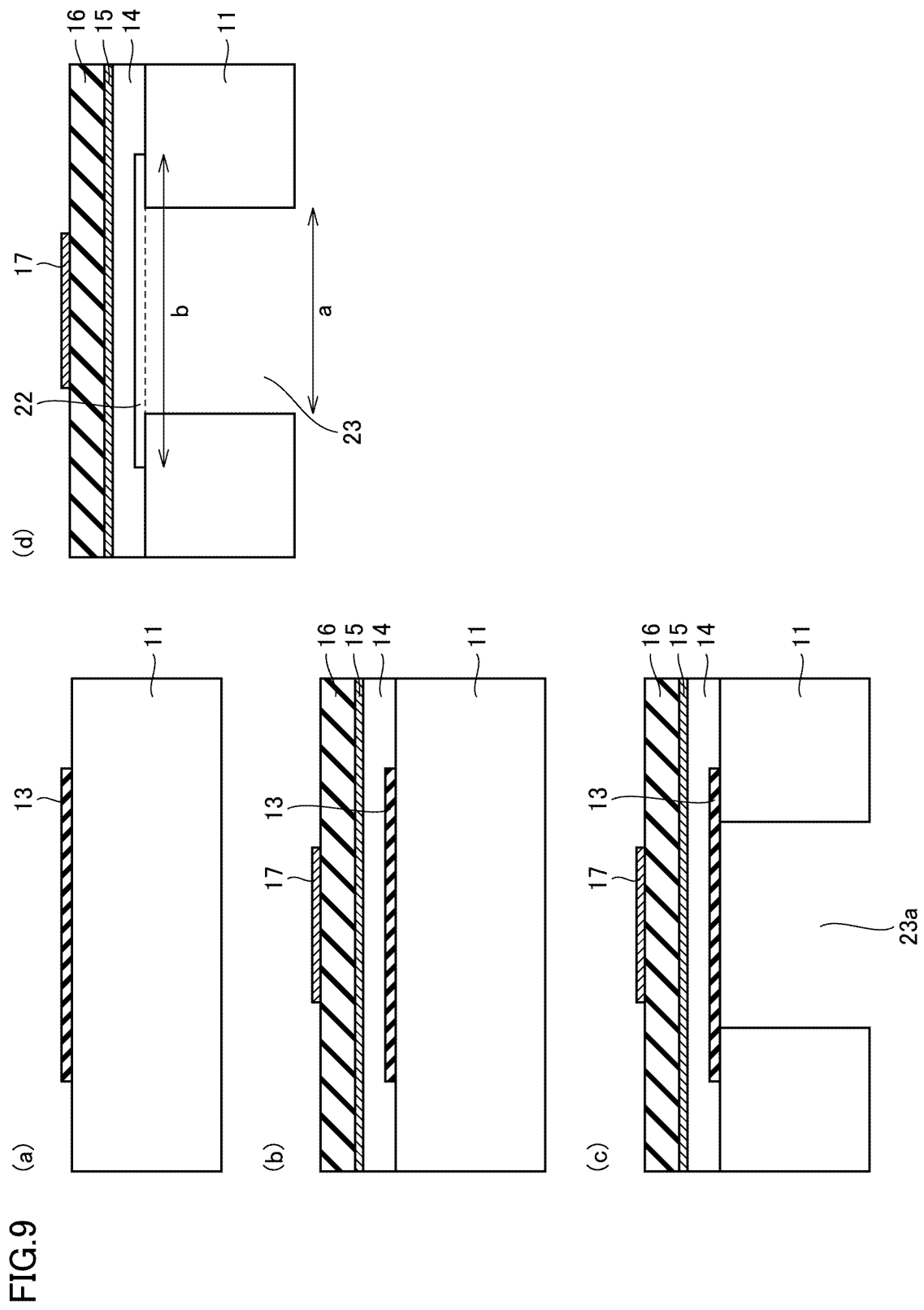


[図8]

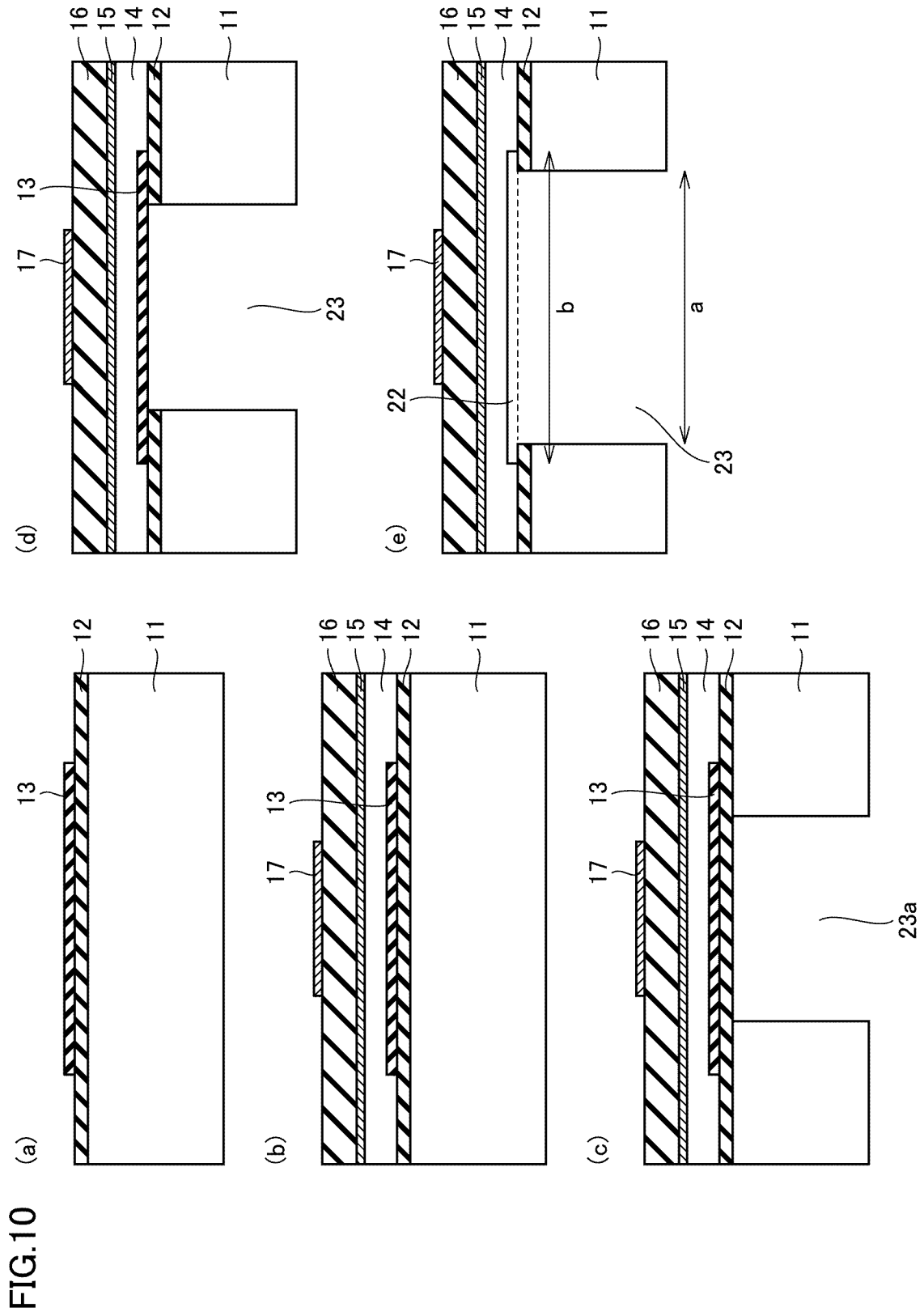
FIG.8



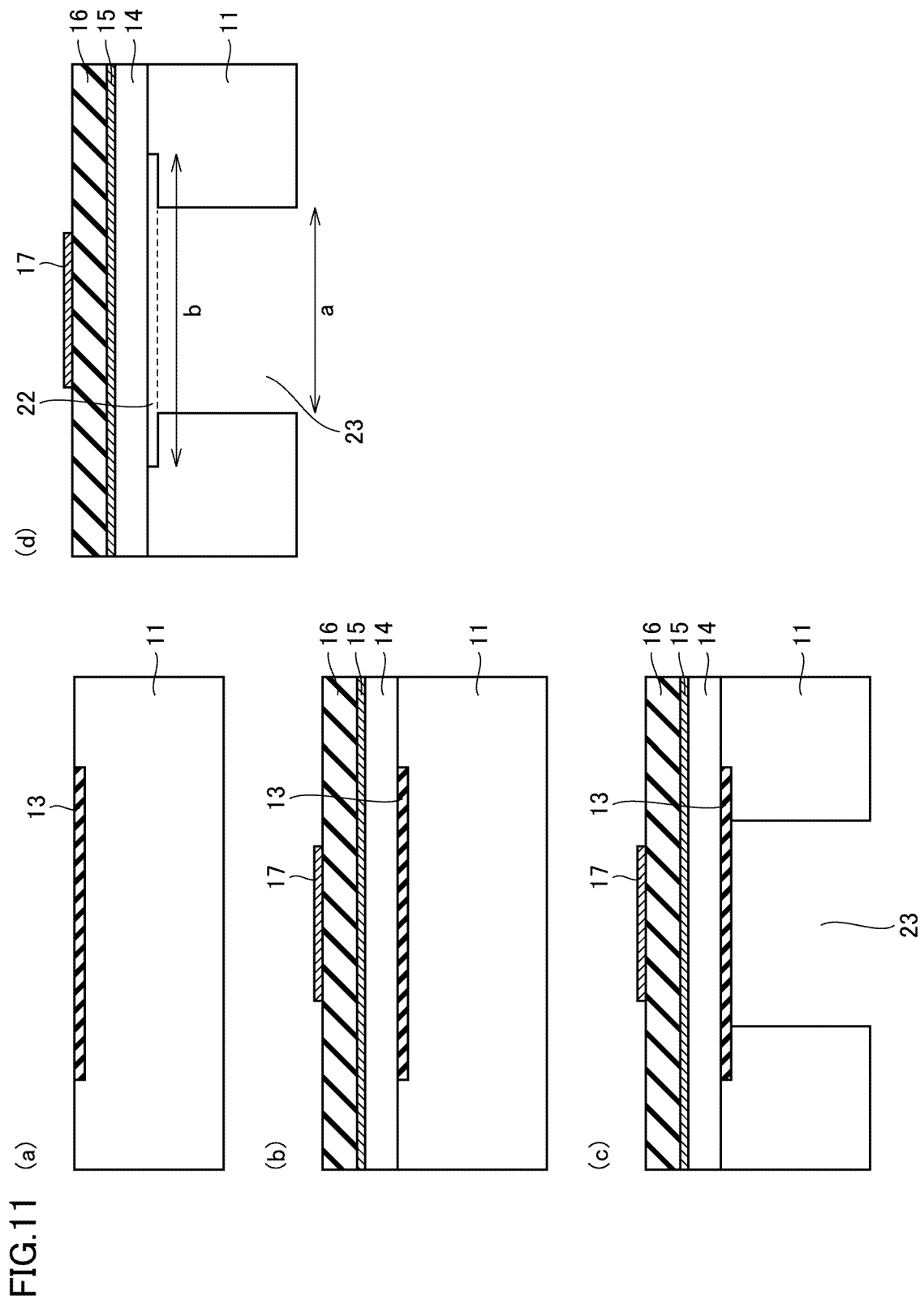
[図9]



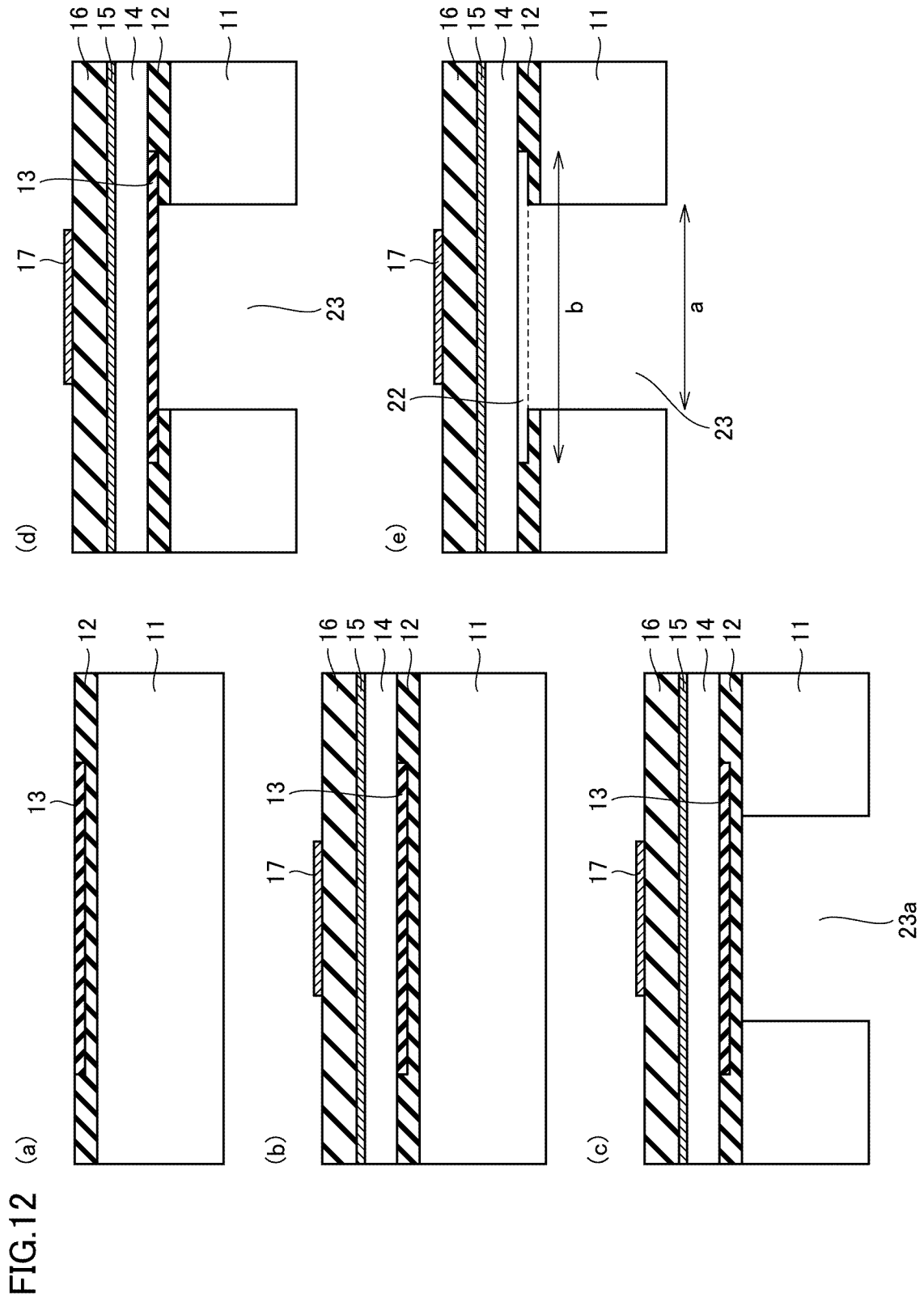
[図10]



[図11]



[FIG.12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/066453

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/17(2006.01)i, H01L41/053(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i, H03H3/02(2006.01)i, H04R17/00(2006.01)i, H04R17/02(2006.01)i, H04R31/00(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)

H03H9/17, H01L41/053, H01L41/113, H03H3/02, H04R17/00, H04R17/02, H04R31/00

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 Y	US 2010/0327702 A1 (Avago Technologies Ltd.), 30 December 2010 (30.12.2010), paragraphs [0024] to [0026], [0031] to [0040]; fig. 1 to 2F, 4C & US 2011/0088234 A1 & GB 2474107 A & GB 201015588 D0	1-3, 6, 8 4, 5, 7, 9, 10
Y	WO 2005/060091 A1 (Ube Industries, Ltd.), 30 June 2005 (30.06.2005), paragraphs [0033] to [0037], [0047] to [0049]; fig. 1 to 6 & JP 4534158 B & US 2006/0033595 A1 & EP 1701440 A1 & CN 1894849 A	4, 5, 7, 9, 10

☐ 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
25 June 2015 (25.06.15)

Date of mailing of the international search report
07 July 2015 (07.07.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03H9/17(2006.01)i, H01L41/053(2006.01)i, H01L41/113(2006.01)i, H03H3/02(2006.01)i, H04R17/00(2006.01)i, H04R17/02(2006.01)i, H04R31/00(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. H03H9/17, H01L41/053, H01L41/113, H03H3/02, H04R17/00, H04R17/02, H04R31/00

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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	US 2010/0327702 A1 (Avago Technologies Limited) 2010.12.30, 段落 [0 0 2 4] - [0 0 2 6], [0 0 3 1] - [0 0 4 0], 図 1 -	1 - 3, 6, 8
Y	2 F, 4 C & US 2011/0088234 A1 & GB 2474107 A & GB 201015588 D0	4, 5, 7, 9, 1 0
Y	WO 2005/060091 A1 (宇部興産株式会社) 2005.06.30, 段落 [0 0 3 3] - [0 0 3 7], [0 0 4 7] - [0 0 4 9], 図 1 - 6 & JP 4534158 B & US 2006/0033595 A1 & EP 1701440 A1 & CN 1894849 A	4, 5, 7, 9, 1 0

☐ 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

2 5 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 7 . 2 0 1 5

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）

▲高▼橋 義昭

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 6

5 W

4 7 7 6