

(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
2021年12月23日(23.12.2021)



(10) 国際公開番号

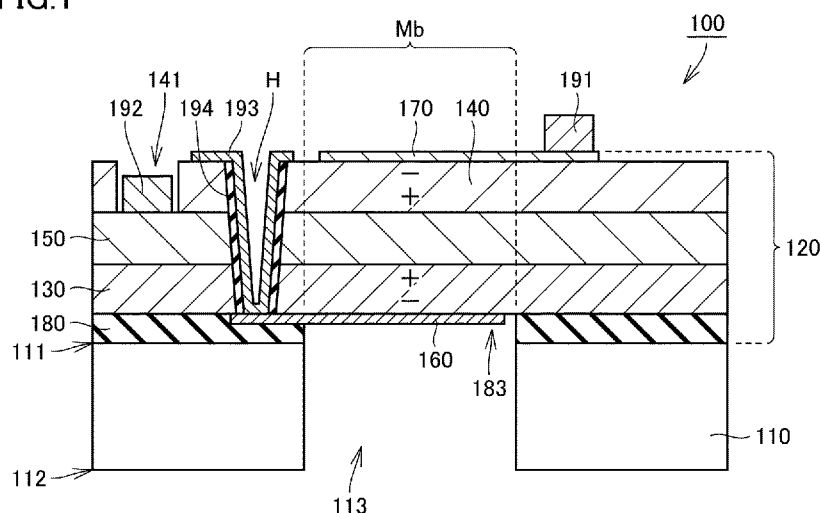
WO 2021/256264 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 41/047 (2006.01) *H01L 41/29* (2013.01)
H01L 41/187 (2006.01) *H03H 9/17* (2006.01)
H01L 41/257 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/021023
- (22) 国際出願日: 2021年6月2日(02.06.2021)
- (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 2020-103641 2020年6月16日(16.06.2020) 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 1 0 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 茶谷 宗人 (CHATANI, Munchito);
〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 0 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
阪市北区中之島三丁目 2 番 4 号 中之島フェス
ティバルタワー・ウエスト 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, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: PIEZOELECTRIC DEVICE

(54) 発明の名称: 圧電デバイス

FIG.1



(57) **Abstract:** In the present invention, a layered part (120) includes, above at least an opening (113), the following: a first single-crystal piezoelectric layer (130); a second single-crystal piezoelectric layer (140); an intermediate electrode layer (150); a lower electrode layer (160); and an upper electrode layer (170). The first single-piezoelectric layer (130) is formed of a material by which a difference in the etching rate arises due to the positive side and the negative side of the polarization charge. The polarization charge of the first single-piezoelectric layer (130) is positive on the intermediate electrode layer (150) side and negative on the lower electrode layer (160) side.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 積層部(120)は、少なくとも開口部(113)の上方において、第1単結晶圧電体層(130)と第2単結晶圧電体層(140)と中間電極層(150)と下部電極層(160)と上部電極層(170)とを含む。第1単結晶圧電体層(130)は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されている。第1単結晶圧電体層(130)の分極電荷は、中間電極層(150)側が正、下部電極層(160)側が負となっている。

明 細 書

発明の名称：圧電デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、圧電デバイスに関する。

背景技術

[0002] 圧電デバイスの構成を開示した文献として、国際公開第2019/102951号（特許文献1）がある。特許文献1に記載された圧電デバイスは、圧電単結晶体と、上部電極と、下部電極と、支持基板とを備える。圧電単結晶体は、分極状態が一様である。上部電極は、圧電単結晶体の上表面上に配置されている。下部電極は、圧電単結晶体の下表面上に配置されている。支持基板は、圧電単結晶体の下方に配置されている。支持基板の下表面から圧電単結晶体下表面上に向かう凹部が設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2019/102951号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載された圧電デバイスは、単結晶圧電体層を1層のみ備えており、圧電デバイスの励振時の振幅を大きくしようとした場合、単結晶圧電体層に直交する方向から見たときの単結晶圧電体層の面積が大きくなるため、圧電デバイスの占有面積が大きくなる。

[0005] また、下部電極層との電氣的接続のための孔部をエッチングにより形成した際にオーバーエッチングによって下部電極層に貫通孔が形成された場合、下部電極層との電氣的接続が不十分になって圧電デバイスの励振特性が低下する。

[0006] 本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであって、圧電デバイスの占有面積が大きくなることおよび下部電極層との電氣的接続が不十分になって

励振特性が低下することを抑制しつつ圧電デバイスの励振時の振幅を大きくすることができる、圧電デバイス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

[0007] 本発明に基づく圧電デバイスは、基部と、積層部とを備える。基部は、一方の主面と、一方の主面とは反対側に位置する他方の主面とを含み、かつ、一方の主面に形成された開口部を有する。積層部は、基部の一方の主面側に積層され、開口部を上方から覆う。積層部は、少なくとも開口部の上方において、第1単結晶圧電体層と、第1単結晶圧電体層の上方に配置された第2単結晶圧電体層と、第1単結晶圧電体層と第2単結晶圧電体層との間に配置された中間電極層と、第1単結晶圧電体層の下側に配置され、第1単結晶圧電体層を挟んで中間電極層に対向する下部電極層と、第2単結晶圧電体層の上側に配置され、第2単結晶圧電体層を挟んで中間電極層に対向する上部電極層とを含み、かつ、開口部を覆っている部分であるメンブレン部を有する。積層部には、上記一方の主面に直交する方向から見て、開口部の外側の位置に、第1単結晶圧電体層、中間電極層および第2単結晶圧電体層を貫通して下部電極層に達した孔部が形成されている。上記孔部の内側において中間電極層とは絶縁されつつ下部電極層に接続されるとともに、第2単結晶圧電体層の上面上まで引き出された引出電極が設けられている。第1単結晶圧電体層は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されている。第1単結晶圧電体層の分極電荷は、中間電極層側が正、下部電極層側が負となっている。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、圧電デバイスの占有面積が大きくなることおよび下部電極層との接続不良によって圧電デバイスの励振特性が低下することを抑制しつつ圧電デバイスの励振時の振幅を大きくすることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの縦断面図である。

[図2]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、第1単結

晶圧電体層の下面に下部電極層を設けた状態を示す断面図である。

[図3]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、下部電極層および第1単結晶圧電体層の各々の下面に中間層を設けた状態を示す断面図である。

[図4]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、図3に示す複数の層に基部を接合させる状態を示す断面図である。

[図5]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、中間層の下面に基部を接合させた状態を示す断面図である。

[図6]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、第1単結晶圧電体層の上面を削った状態を示す断面図である。

[図7]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、第1単結晶圧電体層の上面に中間電極層を設けた状態を示す断面図である。

[図8]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、図7に示す複数の層に第2単結晶圧電体層を接合させる状態を示す断面図である。

[図9]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、第2単結晶圧電体層の上面を削った状態を示す断面図である。

[図10]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、第2単結晶圧電体層の上面に上部電極層を設けた状態を示す断面図である。

[図11]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、積層部に孔部を形成した状態を示す断面図である。

[図12]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、積層部に形成した孔部の内側に絶縁膜を形成した状態を示す断面図である。

[図13]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、絶縁膜の底部の中央部を除去した状態を示す断面図である。

[図14]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、引出電極を形成した状態を示す断面図である。

[図15]本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、第1引出配線および第2引出配線の各々を形成した状態を示す断面図である。

[図16]本発明の実施形態2に係る圧電デバイスの縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] (実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの縦断面図である。図1に示すように、本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100は、基部110と、積層部120とを備えている。

[0011] 基部110は、一方の主面111と、一方の主面111とは反対側に位置する他方の主面112とを含んでいる。基部110は、一方の主面111に形成された開口部113を有している。本実施形態においては、開口部113は、一方の主面111から他方の主面112まで貫通している。ただし、開口部113は、一方の主面111側から形成されて他方の主面112に達していなくてもよい。または、開口部113は、他方の主面112側から一方の主面111寄りの位置まで形成されて、一方の主面111に達していなくてもよい。開口部113は、基部110の一方の主面111側に積層された積層部120によって上方から覆われている。

[0012] 本実施形態において、基部110はSiで構成されている。ただし、基部110を構成する材料は、Siに限定されない。

[0013] 積層部120は、少なくとも開口部113の上方において、第1単結晶圧電体層130と、第2単結晶圧電体層140と、中間電極層150と、下部電極層160と、上部電極層170とを含んでいる。

[0014] 積層部120は、開口部113を覆っている部分であるメンブレン部Mbを有する。メンブレン部Mbは、一方の主面111に直交する方向から見て、積層部120における開口部113の開口端の内側に位置する部分である。

[0015] 積層部120には、一方の主面111に直交する方向から見て、開口部113の外側の位置に、第1単結晶圧電体層130、中間電極層150および第2単結晶圧電体層140を貫通して下部電極層160に達した孔部Hが形成されている。孔部Hの内周面上に絶縁膜194が形成されている。孔部H

の内側において中間電極層 150 とは絶縁されつつ下部電極層 160 に接続されるとともに、第 2 単結晶圧電体層 140 の上面上まで引き出された引出電極 193 が設けられている。

[0016] 第 1 単結晶圧電体層 130 は、基部 110 の上方に位置している。第 1 単結晶圧電体層 130 の一部は、開口部 113 の上方に位置している。第 1 単結晶圧電体層 130 の上面および下面の各々は、平坦である。

[0017] 第 2 単結晶圧電体層 140 は、第 1 単結晶圧電体層 130 の上方に位置している。第 2 単結晶圧電体層 140 の一部は、開口部 113 の上方に位置している。第 2 単結晶圧電体層 140 の上面および下面の各々は、平坦である。

[0018] 第 2 単結晶圧電体層 140 は、孔部 141 を有している。孔部 141 は、第 2 単結晶圧電体層 140 を上下に貫通している。本実施形態において、孔部 141 は、基部 110 の一方の主面 111 の上方に位置しており、開口部 113 の上方には位置していない。

[0019] 第 1 単結晶圧電体層 130 は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されている。第 2 単結晶圧電体層 140 は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されている。第 2 単結晶圧電体層 140 は、第 1 単結晶圧電体層 130 と同じ材料で構成されていてもよいし、第 1 単結晶圧電体層 130 とは異なる材料で構成されていてもよい。

[0020] 本実施形態においては、第 1 単結晶圧電体層 130 および第 2 単結晶圧電体層 140 の各々は、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3)、または、タンタル酸リチウム (LiTaO_3) で構成されている。なお、第 1 単結晶圧電体層 130 および第 2 単結晶圧電体層 140 の各々は、K および Na 以外の他のアルカリ金属のニオブ酸化合物またはタンタル酸化合物で構成されていてもよい。

[0021] 第 1 単結晶圧電体層 130 の分極電荷は、中間電極層 150 側が正、下部電極層 160 側が負となっている。第 2 単結晶圧電体層 140 の分極電荷は、中間電極層 150 側が正、上部電極層 170 側が負となっている。なお、

第2単結晶圧電体層140の分極電荷は、中間電極層150側が負、上部電極層170側が正となってもよい。

[0022] 中間電極層150は、第1単結晶圧電体層130と第2単結晶圧電体層140との間に位置している。中間電極層150は、第1単結晶圧電体層130の上面と第2単結晶圧電体層140の下面とに挟まれている。中間電極層150の一部は、開口部113の上方に位置している。中間電極層150の上面および下面の各々は、平坦である。中間電極層150は、2層の電極層が積層されることにより構成されていてもよい。本実施形態においては、中間電極層150の厚みは、下部電極層160および上部電極層170の各々の厚みより厚い。ただし、中間電極層150の厚みは、下部電極層160および上部電極層170の各々の厚み以下であってもよい。

[0023] 中間電極層150は、たとえばAlまたはPtなどの金属で構成されている。中間電極層150は、Asなどがドーピングされた電気抵抗率の低いSiで構成されていてもよい。この場合、中間電極層150は、たとえば、電気抵抗率が $20\text{ m}\Omega\text{ cm}$ 以下のSiで構成されていることが好ましい。または、中間電極層150は、 LaNiO_3 、 SrRuO_3 または RuO_2 などの導電性酸化物で構成されていてもよい。

[0024] なお、中間電極層150と第1単結晶圧電体層130との間に、Tiなどで構成された密着層が配置されていてもよい。中間電極層150と第2単結晶圧電体層140との間に、Tiなどで構成された密着層が配置されていてもよい。

[0025] 下部電極層160は、第1単結晶圧電体層130の下側に配置され、第1単結晶圧電体層130を挟んで中間電極層150に対向している。下部電極層160の一部は、開口部113の上方に位置している。下部電極層160の他の一部は、第1単結晶圧電体層130に形成された孔部Hの下方に位置している。下部電極層160の他の一部は、孔部Hを下方から覆っている。

[0026] 下部電極層160は、たとえばAlまたはPtなどの金属で構成されている。下部電極層160は、 LaNiO_3 、 SrRuO_3 または RuO_2 などの導電

性酸化物で構成されていてもよい。下部電極層 160 は、導電物をエピタキシャル成長させることにより形成されたエピタキシャル成長膜であってもよい。

[0027] 上部電極層 170 は、第 2 単結晶圧電体層 140 の上側に配置され、第 2 単結晶圧電体層 140 を挟んで中間電極層 150 に対向している。上部電極層 170 一部は、開口部 113 の上方に位置している。

[0028] 上部電極層 170 は、たとえば Al または Pt などの金属で構成されている。上部電極層 170 は、導電物をエピタキシャル成長させることにより形成されたエピタキシャル成長膜であってもよい。なお、上部電極層 170 と第 2 単結晶圧電体層 140 との間に、Ti などで構成された密着層が配置されていてもよい。

[0029] 引出電極 193 は、第 2 単結晶圧電体層 140 の上面上、絶縁膜 194 の内周面上、および、孔部 H によって露出した下部電極層 160 の一部の上面上に亘って形成されている。引出電極 193 は、たとえば Al または Pt などの金属で構成されている。絶縁膜 194 は、たとえば SiO_2 などの絶縁物で構成されている。

[0030] 積層部 120 は、中間層 180 をさらに備えている。中間層 180 は、第 1 単結晶圧電体層 130 との間に下部電極層 160 を挟んでいる。中間層 180 の下面には、基部 110 の開口部 113 と連通した開口部 183 が形成されている。開口部 183 は、開口部 113 の上方に位置している。開口部 183 によって、下部電極層 160 の下面の一部が露出している。開口部 183 によって露出した下部電極層 160 の下面の一部は、メンブレン部 Mb の下面を構成している。

[0031] 中間層 180 は、 SiO_2 で構成されている。中間層 180 の材料は、 SiO_2 に限定されず、絶縁物であればよい。たとえば、中間層 180 は、電気絶縁性および断熱性を有する有機材料で構成されていてもよい。

[0032] 圧電デバイス 100 は、第 1 引出配線 191 と第 2 引出配線 192 とをさらに備えている。第 1 引出配線 191 は、上部電極層 170 の上側に配置さ

れている。第2引出配線192は、孔部141内において、中間電極層150の上側に配置されている。

[0033] このように、積層部120は、少なくとも開口部113の上方において、第1単結晶圧電体層130と、第2単結晶圧電体層140と、中間電極層150と、下部電極層160と、上部電極層170とを含んでいる。

[0034] 本実施形態においては、一方の主面111に直交する方向から見て、開口部113の外形は、矩形である。ただし、一方の主面111に直交する方向から見て、開口部113の外形は、矩形に限られず、矩形以外の多角形または円形であってもよい。

[0035] 上記の構成により、下部電極層160と中間電極層150との間に電圧が印加されることによって第1単結晶圧電体層130が伸縮するとともに、上部電極層170と中間電極層150との間に電圧が印加されることによって第2単結晶圧電体層140が伸縮する一方、上部電極層170、中間電極層150および下部電極層160の各々は伸縮しないため、メンブレン部Mbが上下に屈曲振動する。

[0036] 以下、本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法について説明する。

図2は、本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、第1単結晶圧電体層の下面に下部電極層を設けた状態を示す断面図である。形成時の第1単結晶圧電体層130の厚みは、本実施形態に係る圧電デバイス100に最終的に含まれる第1単結晶圧電体層130の厚みより厚い。

[0037] 第1単結晶圧電体層130の分極電荷は、上面側が正、下面側が負となっている。第1単結晶圧電体層130は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されている。

[0038] 図2に示すように、リフトオフ法、めっき法、または、エッチング法などにより、第1単結晶圧電体層130の下面に下部電極層160を設ける。下部電極層160が導電性酸化物で構成されている場合は、反応性スパッタリング法により、ターゲットに含まれていた金属が酸化した導電性酸化物を第

1 単結晶圧電体層 130 の下面上に成膜することにより、下部電極層 160 を設ける。下部電極層 160 がエピタキシャル成長膜である場合は、第 1 単結晶圧電体層 130 の下面にヘテロエピタキシャル成長により導電膜を形成し、導電膜をパターンニングすることにより下部電極層 160 を設ける。

[0039] 図 3 は、本発明の実施形態 1 に係る圧電デバイスの製造方法において、下部電極層および第 1 単結晶圧電体層の各々の下面に中間層を設けた状態を示す断面図である。図 3 に示すように、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法または PVD (Physical Vapor Deposition) 法などにより、下部電極層 160 および第 1 単結晶圧電体層 130 の各々の下面に、中間層 180 を設けた後、中間層 180 の下面を化学機械研磨 (CMP : Chemical Mechanical Polishing) などにより、平坦にする。

[0040] 図 4 は、本発明の実施形態 1 に係る圧電デバイスの製造方法において、図 3 に示す複数の層に基部を接合させる状態を示す断面図である。図 5 は、本発明の実施形態 1 に係る圧電デバイスの製造方法において、中間層の下面に基部を接合させた状態を示す断面図である。

[0041] 図 4 および図 5 に示すように、表面活性化接合または原子拡散接合などにより、中間層 180 の下面に、開口部 113 が形成されていない、基部 110 である基板を接合させる。なお、基部 110 に予め開口部 113 が形成されていてもよい。

[0042] 図 6 は、本発明の実施形態 1 に係る圧電デバイスの製造方法において、第 1 単結晶圧電体層の上面を削った状態を示す断面図である。図 6 に示すように、第 1 単結晶圧電体層 130 の上面を CMP などにより削って、第 1 単結晶圧電体層 130 を所望の厚さにする。なお、第 1 単結晶圧電体層 130 の上面側に、予めイオン注入することにより、剥離層を形成していてもよい。この場合、第 1 単結晶圧電体層 130 の上面を切削または CMP などにより削る前に、剥離層を剥離させることにより、第 1 単結晶圧電体層 130 の厚み調整が容易になる。第 1 単結晶圧電体層 130 の厚さは、電圧の印加による第 1 単結晶圧電体層 130 の所望の励振が得られるように調整される。

[0043] 図7は、本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、第1単結晶圧電体層の上面に中間電極層を設けた状態を示す断面図である。図7に示すように、リフトオフ法、めっき法、または、エッチング法などにより、第1単結晶圧電体層130の上面に中間電極層150を設ける。

[0044] 中間電極層150が電気抵抗率の低いSiで構成されている場合は、表面活性化接合または原子拡散接合などにより、AsなどがドーピングされたSi基板を第1単結晶圧電体層130の上面に接合した後、Si基板の上面をCMPなどにより削って所望の厚さにする。なお、Si基板の上面側に、予めイオン注入することにより、剥離層を形成していてもよい。この場合、Si基板の上面を切削またはCMPなどにより削る前に、剥離層を剥離させることにより、Si基板の厚み調整が容易になる。中間電極層150が導電性酸化物で構成されている場合は、反応性スパッタリング法により、ターゲットに含まれていた金属が酸化した導電性酸化物を第1単結晶圧電体層130の上面上に成膜することにより、中間電極層150を設ける。

[0045] 図8は、本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、図7に示す複数の層に第2単結晶圧電体層を接合させる状態を示す断面図である。図8に示すように、表面活性化接合または原子拡散接合などにより、中間電極層150の上面に、第2単結晶圧電体層140を接合させる。形成時の第2単結晶圧電体層140の厚みは、本実施形態に係る圧電デバイス100に最終的に含まれる第2単結晶圧電体層140の厚みより厚い。

[0046] 本実施形態においては、第2単結晶圧電体層140の分極電荷は、上面側が負、下面側が正となっている。第2単結晶圧電体層140は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されている。

[0047] 図9は、本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、第2単結晶圧電体層の上面を削った状態を示す断面図である。図9に示すように、第2単結晶圧電体層140の上面をCMPなどにより削って、第2単結晶圧電体層140を所望の厚さにする。なお、第2単結晶圧電体層140の上面側に、予めイオン注入することにより、剥離層を形成していてもよい。

この場合、第2単結晶圧電体層140の上面を切削またはCMPなどにより削る前に、剥離層を剥離させることにより、第2単結晶圧電体層140の厚み調整が容易になる。第2単結晶圧電体層140の厚さは、電圧の印加による第2単結晶圧電体層140の所望の励振が得られるように調整される。

[0048] 図10は、本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、第2単結晶圧電体層の上面に上部電極層を設けた状態を示す断面図である。図10に示すように、リフトオフ法、めっき法、または、エッチング法などにより、第2単結晶圧電体層140の上面に、上部電極層170を設ける。上部電極層170がエピタキシャル成長膜である場合は、第2単結晶圧電体層140の上面にヘテロエピタキシャル成長により導電膜を形成し、導電膜をパターンニングすることにより上部電極層170を設ける。

[0049] 図11は、本発明の実施形態1に係る圧電デバイスの製造方法において、積層部に孔部を形成した状態を示す断面図である。図11に示すように、エッチング法により、第1単結晶圧電体層130、中間電極層150および第2単結晶圧電体層140を貫通して下部電極層160に達する孔部Hを形成する。また、エッチング法により、第2単結晶圧電体層140を貫通して中間電極層150に達する孔部141を形成する。

[0050] 孔部Hおよび孔部141の各々は、第2単結晶圧電体層140の上面側からエッチングされることにより形成される。第2単結晶圧電体層140は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されており、分極電荷の負側からエッチングする場合のエッチングレートは、分極電荷の正側からエッチングする場合のエッチングレートより高い。第2単結晶圧電体層140の分極電荷は、上面側が負、下面側が正となっているため、第2単結晶圧電体層140の上面側からエッチングすることにより、高いエッチングレートで第2単結晶圧電体層140をエッチングすることができる。

[0051] 本実施形態においては、中間電極層150の厚みは、下部電極層160および上部電極層170の各々の厚みより厚いため、オーバーエッチングによ

って孔部１４１が中間電極層１５０を貫通することを抑制することができる。

[0052] 孔部Hが中間電極層１５０を貫通した後、第１単結晶圧電体層１３０は、上面側からエッチングされる。第１単結晶圧電体層１３０は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されており、分極電荷の正側からエッチングする場合のエッチングレートは、分極電荷の負側からエッチングする場合のエッチングレートより低い。第１単結晶圧電体層１３０の分極電荷は、上面側が正、下面側が負となっているため、第１単結晶圧電体層１３０の上面側からエッチングすることにより、低いエッチングレートで第１単結晶圧電体層１３０をエッチングすることができる。これにより、オーバーエッチングによって孔部Hが下部電極層１６０を貫通することを抑制することができる。

[0053] 図１２は、本発明の実施形態１に係る圧電デバイスの製造方法において、積層部に形成した孔部の内側に絶縁膜を形成した状態を示す断面図である。図１２に示すように、スパッタリング法またはＣＶＤ法などにより、孔部Hの内側に絶縁膜１９４を形成する。

[0054] 図１３は、本発明の実施形態１に係る圧電デバイスの製造方法において、絶縁膜の底部の中央部を除去した状態を示す断面図である。図１３に示すように、エッチング法により、絶縁膜１９４において孔部Hの内周面上に位置する部分は残しつつ絶縁膜１９４の底部の中央部を除去することにより下部電極層１６０の一部を露出させる。

[0055] 図１４は、本発明の実施形態１に係る圧電デバイスの製造方法において、引出電極を形成した状態を示す断面図である。図１４に示すように、スパッタリング法、蒸着法またはめっき法などにより、第２単結晶圧電体層１４０の上面上、絶縁膜１９４の内周面上、および、孔部Hによって露出した下部電極層１６０の一部の上面上に亘って形成する。

[0056] 図１５は、本発明の実施形態１に係る圧電デバイスの製造方法において、第１引出配線および第２引出配線の各々を形成した状態を示す断面図である。

。図15に示すように、リフトオフ法、めっき法または蒸着法などにより、上部電極層170の上面上に第1引出配線191を形成し、孔部141によって露出している中間電極層150の一部の上面上に第2引出配線192を形成する。

[0057] 最後に、エッチング法により、基部110に開口部113を形成するとともに、中間層180に開口部183を形成する。なお、開口部183は、必ずしも形成されていなくてもよい。上記の工程を経ることにより、図1に示すような本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100が製造される。

[0058] 本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100においては、中間電極層150と下部電極層160との間に挟まれた第1単結晶圧電体層130、および、中間電極層150と上部電極層170との間に挟まれた第2単結晶圧電体層140の、2層の単結晶圧電体層を有するメンブレン部Mbを備えることによって、圧電デバイスが単結晶圧電体層を1層のみ備える場合に比較して、単結晶圧電体層の面積を大きくすることなく圧電デバイスの励振時の振幅を大きくすることができる。その結果、圧電デバイス100の占有面積が大きくなることを抑制しつつ圧電デバイス100の励振時の振幅を大きくすることができる。

[0059] 本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100においては、第1単結晶圧電体層130は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されており、第1単結晶圧電体層130の分極電荷は、中間電極層150側が正、下部電極層160側が負となっていることにより、下部電極層160との電氣的接続のための孔部Hをエッチングにより形成した際に、低いエッチングレートで第1単結晶圧電体層130をエッチングすることができるため、オーバーエッチングによって下部電極層160に貫通孔が形成されることを抑制することができる。その結果、下部電極層160との電氣的接続が不十分になって圧電デバイス100の励振特性が低下することを抑制することができる。

[0060] 本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100においては、中間電極層1

50の厚みは、下部電極層160および上部電極層170の各々の厚みより厚い。これにより、孔部141をエッチングにより形成した際にオーバーエッチングによって中間電極層150に貫通孔が形成されることを抑制することができる。その結果、中間電極層150と第2引出配線192との電氣的接続が不十分になって圧電デバイス100の励振特性が低下することを抑制することができる。

[0061] 本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100においては、中間電極層150は、Siで構成されていてもよい。この場合、Siは結晶的に安定しているため、第1単結晶圧電体層130および第2単結晶圧電体層140の各々と反応しないため、第1単結晶圧電体層130および第2単結晶圧電体層140の各々との相互反応によって第1単結晶圧電体層130および第2単結晶圧電体層140の各々の特性が劣化することを抑制できる。

[0062] 本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100においては、第2単結晶圧電体層140は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されており、第2単結晶圧電体層140の分極電荷は、中間電極層150側が正、上部電極層170側が負となっているため、第2単結晶圧電体層140の上面側からエッチングすることにより、高いエッチングレートで第2単結晶圧電体層140をエッチングすることができる。その結果、第2単結晶圧電体層140のエッチングに要する時間を短縮することができる。

[0063] 本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100においては、第1単結晶圧電体層130および第2単結晶圧電体層140の各々が、KおよびNa以外のアルカリ金属のニオブ酸化合物またはタンタル酸化合物で構成されており、鉛を含まないため、環境への負荷を軽減することができる。第1単結晶圧電体層130および第2単結晶圧電体層140の各々が、ニオブ酸リチウム(LiNbO_3)またはタンタル酸リチウム(LiTaO_3)で構成されていることにより、圧電デバイス100の圧電特性を向上させることができる。

[0064] 本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100においては、下部電極層1

60および中間電極層150のうちの少なくとも一方は、導電性酸化物で構成されていてもよい。下部電極層160が導電性酸化物で構成されている場合、第1単結晶圧電体層130をドライエッチングして孔部Hを形成する際に、第1単結晶圧電体層130と下部電極層160とのエッチング選択比を大きくして、オーバーエッチングによって下部電極層160に貫通孔が形成されることを抑制することができる。中間電極層150が導電性酸化物で構成されている場合、第2単結晶圧電体層140をドライエッチングして孔部141を形成する際に、第2単結晶圧電体層140と中間電極層150とのエッチング選択比を大きくして、オーバーエッチングによって中間電極層150に貫通孔が形成されることを抑制することができる。

[0065] 本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100においては、下部電極層160および上部電極層170のうちの少なくとも一方は、エピタキシャル成長膜であってもよい。エピタキシャル成長膜は、結晶性が良好であるため、マイグレーションの発生を抑制し、下部電極層160および上部電極層170の各々の耐電力特性を向上することができる。

[0066] (実施形態2)

以下、本発明の実施形態2に係る圧電デバイスについて図を参照して説明する。本発明の実施形態2に係る圧電デバイスは、補強用下部電極層が設けられている点のみ、本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100と異なるため、本発明の実施形態1に係る圧電デバイス100と同様である構成については説明を繰り返さない。

[0067] 図16は、本発明の実施形態2に係る圧電デバイスの縦断面図である。図2に示すように、本発明の実施形態2に係る圧電デバイス200においては、下部電極層160における孔部Hの下方に位置する部分の下側に、補強用下部電極層260が設けられている。

[0068] 補強用下部電極層260は、たとえばAlまたはPtなどの金属で構成されている。補強用下部電極層260は、 LaNiO_3 、 SrRuO_3 または RuO_2 などの導電性酸化物で構成されていてもよい。補強用下部電極層260は

、導電物をエピタキシャル成長させることにより形成されたエピタキシャル成長膜であってもよい。

[0069] 具体的には、リフトオフ法、めっき法、または、エッチング法などにより、下部電極層 160 の下面に補強用下部電極層 260 を設ける。補強用下部電極層 260 が導電性酸化物で構成されている場合は、反応性スパッタリング法により、ターゲットに含まれていた金属が酸化した導電性酸化物を下部電極層 160 の下面上に成膜することにより、補強用下部電極層 260 を設ける。補強用下部電極層 260 がエピタキシャル成長膜である場合は、下部電極層 160 の下面にホモエピタキシャル成長により導電膜を形成し、導電膜をパターニングすることにより補強用下部電極層 260 を設ける。

[0070] 本発明の実施形態 2 に係る圧電デバイス 200 においては、下部電極層 160 における孔部 H の下方に位置する部分の下側に、補強用下部電極層 260 が設けられていることにより、孔部 H をエッチングにより形成した際にオーバーエッチングによって下部電極層 160 および補強用下部電極層 260 に貫通孔が形成されることを抑制することができる。

[0071] また、下部電極層 160 を全体的に厚くすることによってオーバーエッチングによる貫通孔の形成を防止した場合には、下部電極層 160 に生ずる応力によってメンブレン部 Mb に反りが発生し、圧電デバイスの励振特性が低下するが、下部電極層 160 における孔部 H の下方に位置する部分の下側にのみ補強用下部電極層 260 を設けることによって、メンブレン部 Mb の反りによって圧電デバイス 200 の励振特性が低下することを抑制できる。

[0072] 上述した実施形態の説明において、組み合わせ可能な構成を相互に組み合わせてもよい。

[0073] 今回開示された実施形態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。

符号の説明

[0074] 100, 200 圧電デバイス、110 基部、111, 112 主面、113, 183 開口部、120 積層部、130 第1単結晶圧電体層、140 第2単結晶圧電体層、141, H 孔部、150 中間電極層、160 下部電極層、170 上部電極層、180 中間層、191 第1引出配線、192 第2引出配線、193 引出電極、194 絶縁膜、260 補強用下部電極層、Mb メンブレン部。

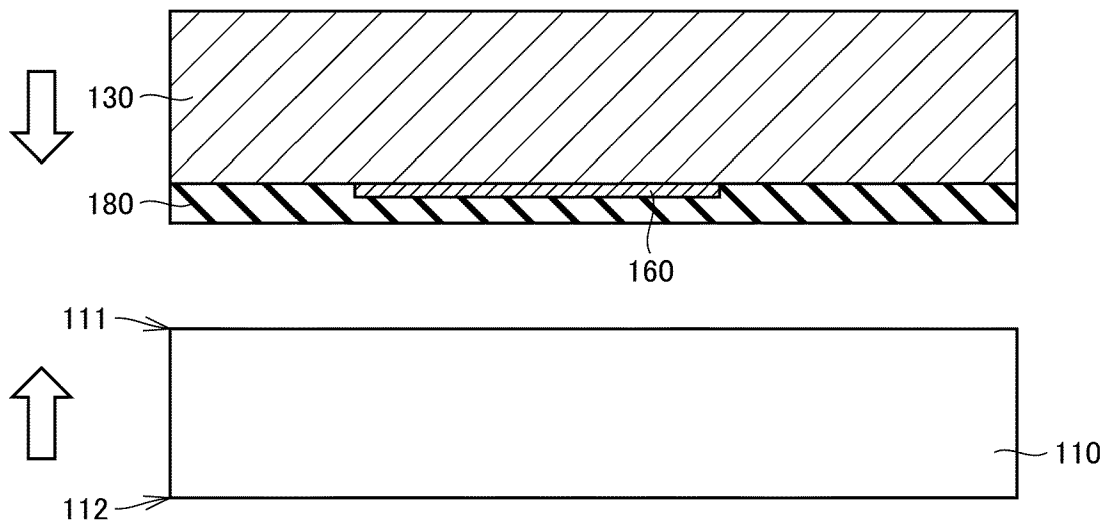
請求の範囲

- [請求項1] 一方の主面と、該一方の主面とは反対側に位置する他方の主面とを含み、かつ、前記一方の主面に形成された開口部を有する基部と、
- 前記基部の前記一方の主面側に積層され、前記開口部を上方から覆う積層部とを備え、
- 前記積層部は、少なくとも前記開口部の上方において、第1単結晶圧電体層と、該第1単結晶圧電体層の上方に配置された第2単結晶圧電体層と、前記第1単結晶圧電体層と前記第2単結晶圧電体層との間に配置された中間電極層と、前記第1単結晶圧電体層の下側に配置され、前記第1単結晶圧電体層を挟んで前記中間電極層に対向する下部電極層と、前記第2単結晶圧電体層の上側に配置され、前記第2単結晶圧電体層を挟んで前記中間電極層に対向する上部電極層とを含み、かつ、前記開口部を覆っている部分であるメンブレン部を有し、
- 前記積層部には、前記一方の主面に直交する方向から見て、前記開口部の外側の位置に、前記第1単結晶圧電体層、前記中間電極層および前記第2単結晶圧電体層を貫通して前記下部電極層に達した孔部が形成されており、
- 前記孔部の内側において前記中間電極層とは絶縁されつつ前記下部電極層に接続されるとともに、前記第2単結晶圧電体層の上面上まで引き出された引出電極が設けられており、
- 前記第1単結晶圧電体層は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されており、
- 前記第1単結晶圧電体層の分極電荷は、中間電極層側が正、下部電極層側が負となっている、圧電デバイス。
- [請求項2] 前記中間電極層の厚みは、前記下部電極層および前記上部電極層の各々の厚みより厚い、請求項1に記載の圧電デバイス。
- [請求項3] 前記中間電極層は、Siで構成されている、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] 前記第2単結晶圧電体層は、分極電荷の正側と負側とでエッチングレートに差が生じる材料で構成されており、
- 前記第2単結晶圧電体層の分極電荷は、中間電極層側が正、上部電極層側が負となっている、請求項1から請求項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1単結晶圧電体層および前記第2単結晶圧電体層の各々は、ニオブ酸リチウム(LiNbO_3)、または、タンタル酸リチウム(LiTaO_3)で構成されている、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の圧電デバイス。
- [請求項6] 前記下部電極層および前記中間電極層のうちの少なくとも一方は、導電性酸化物で構成されている、請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の圧電デバイス。
- [請求項7] 前記下部電極層および前記上部電極層のうちの少なくとも一方は、エピタキシャル成長膜である、請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の圧電デバイス。
- [請求項8] 前記下部電極層における前記孔部の下方に位置する部分の下側に、補強用下部電極層が設けられている、請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の圧電デバイス。

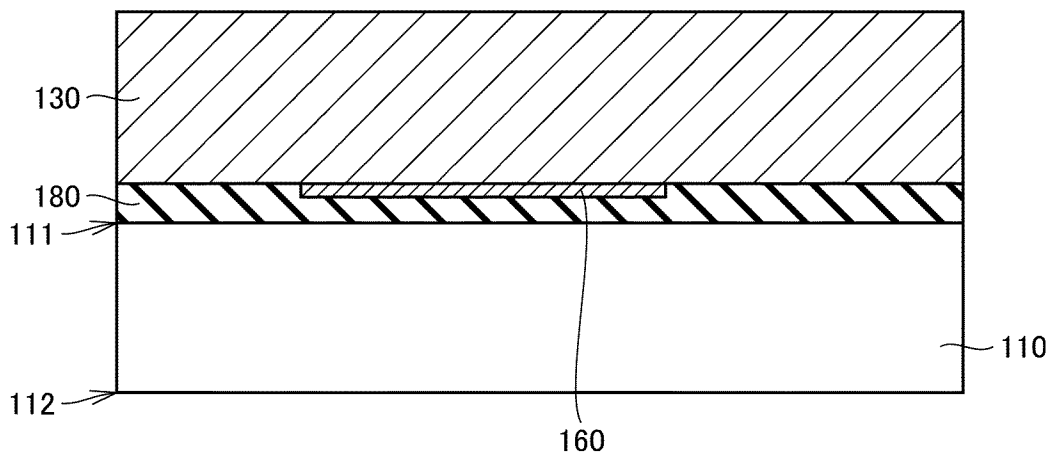
[図4]

FIG.4



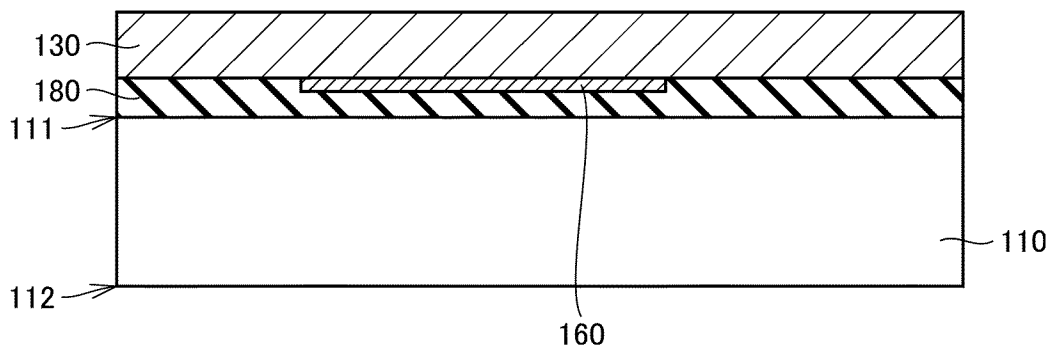
[図5]

FIG.5



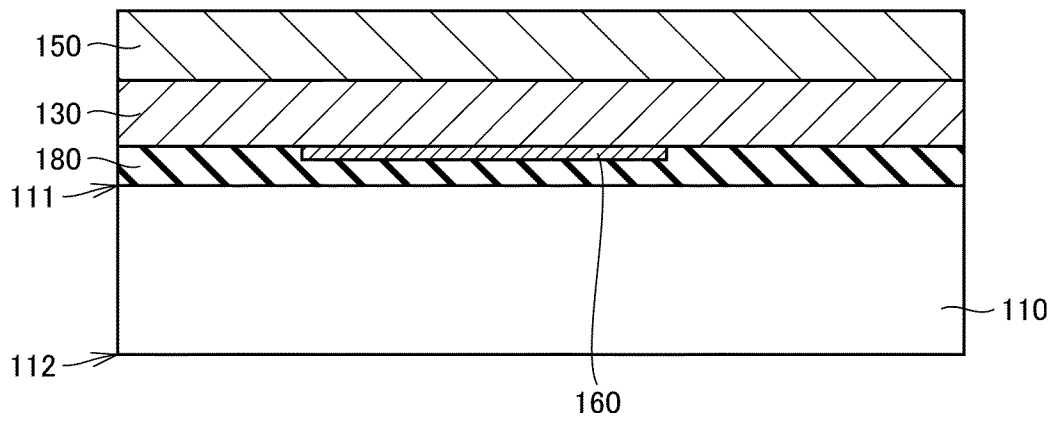
[図6]

FIG.6



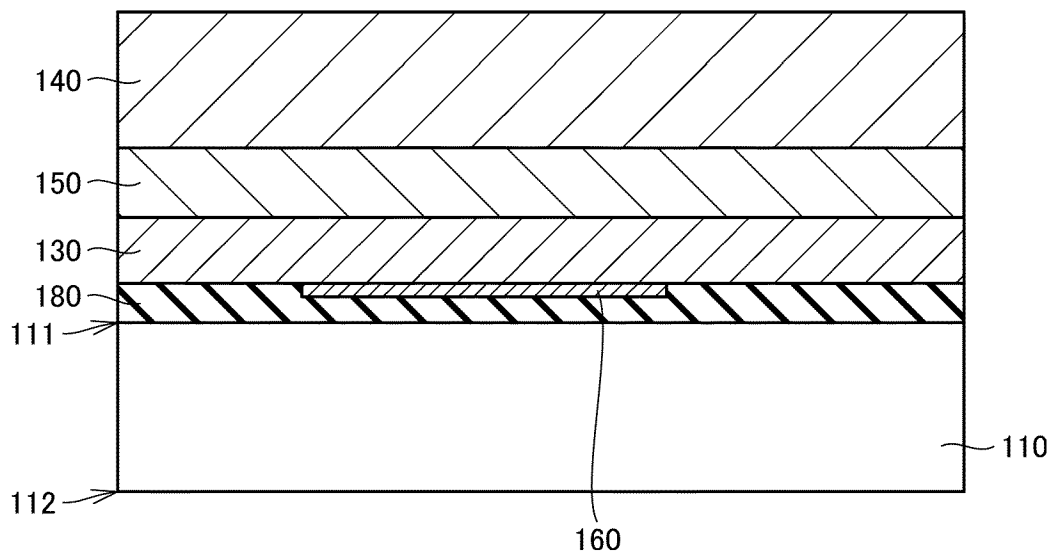
[図7]

FIG.7



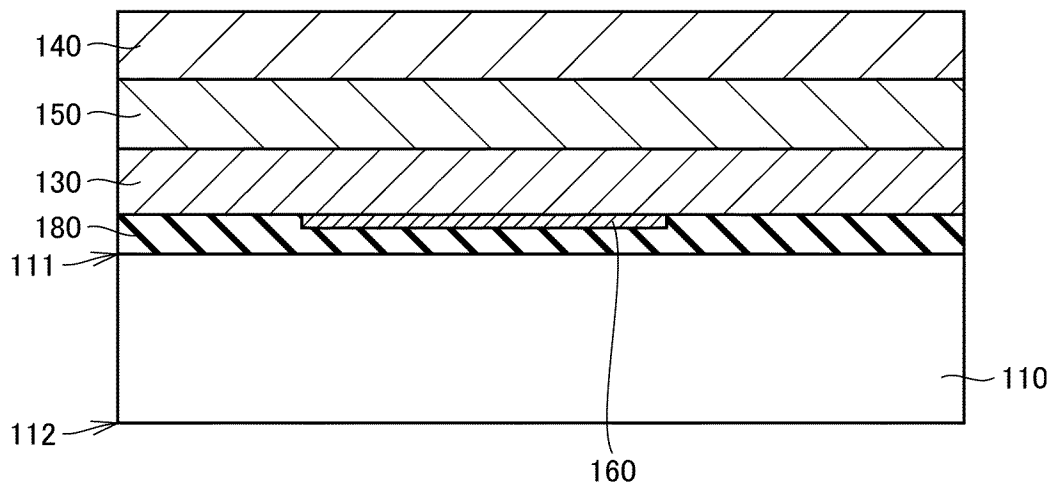
[図8]

FIG.8



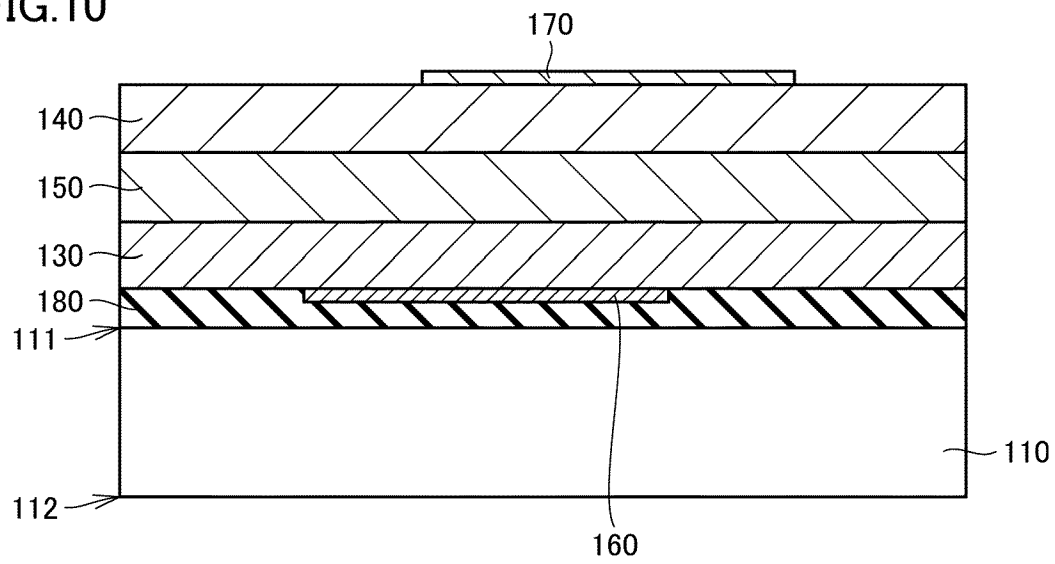
[図9]

FIG.9



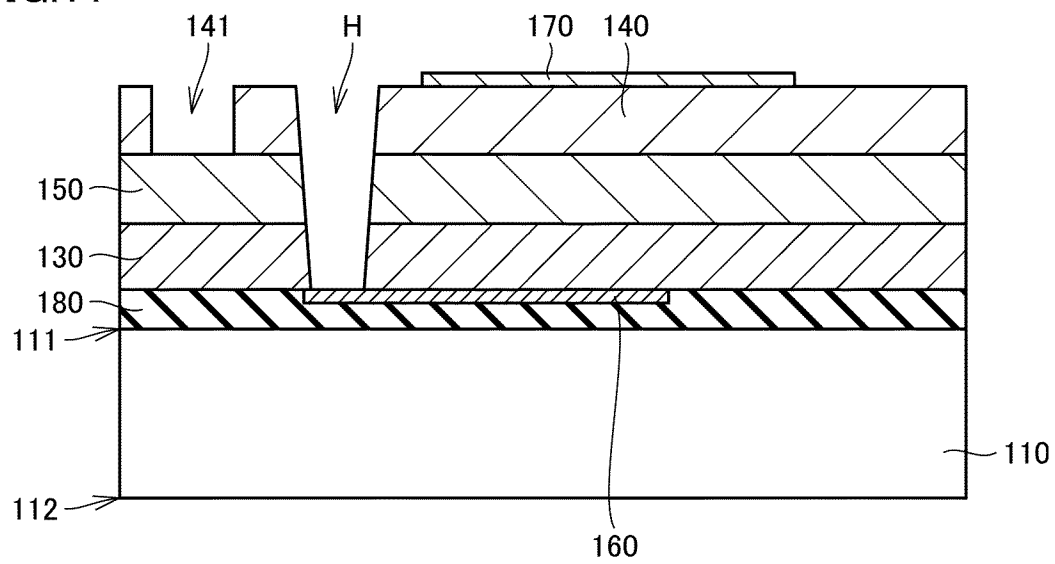
[図10]

FIG.10



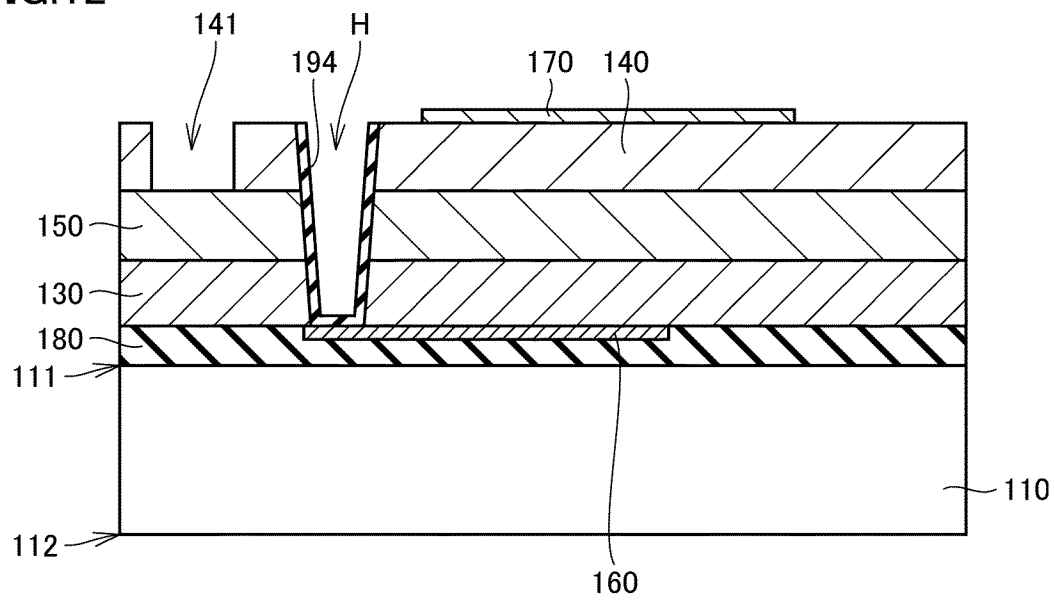
[図11]

FIG.11



[図12]

FIG.12



[図13]

FIG.13

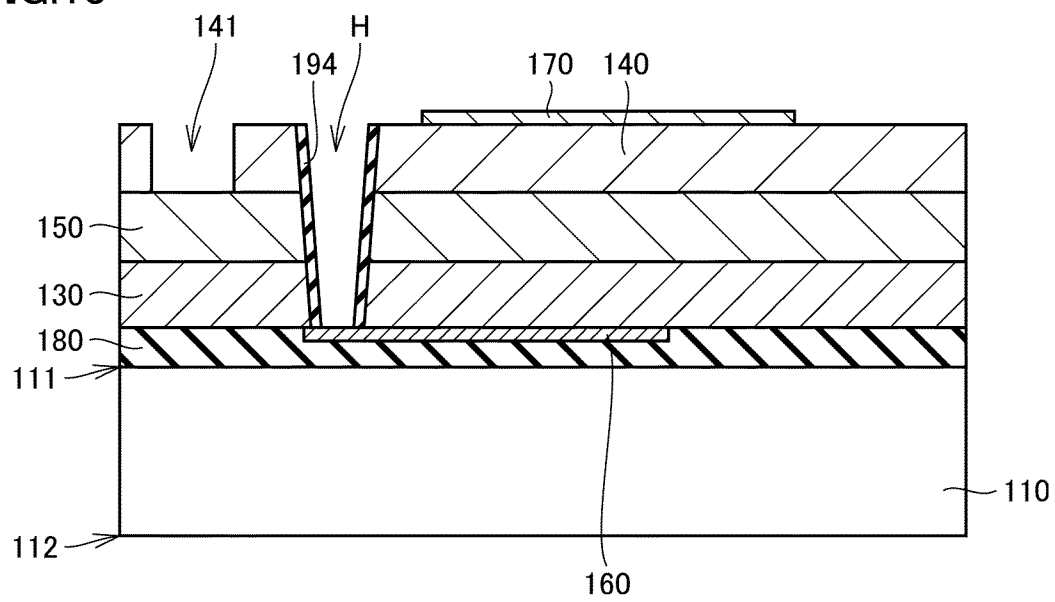
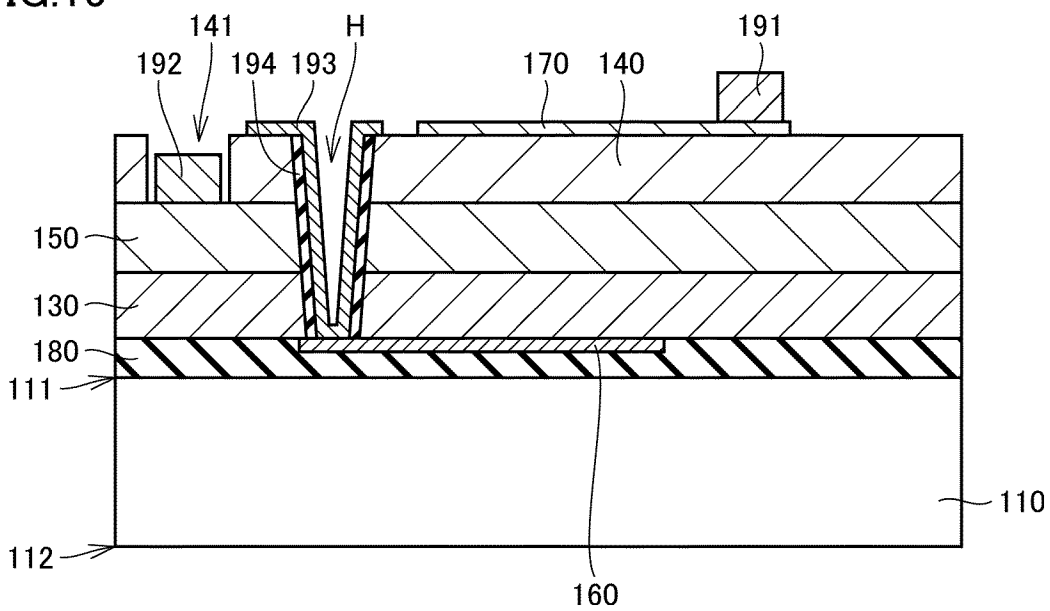
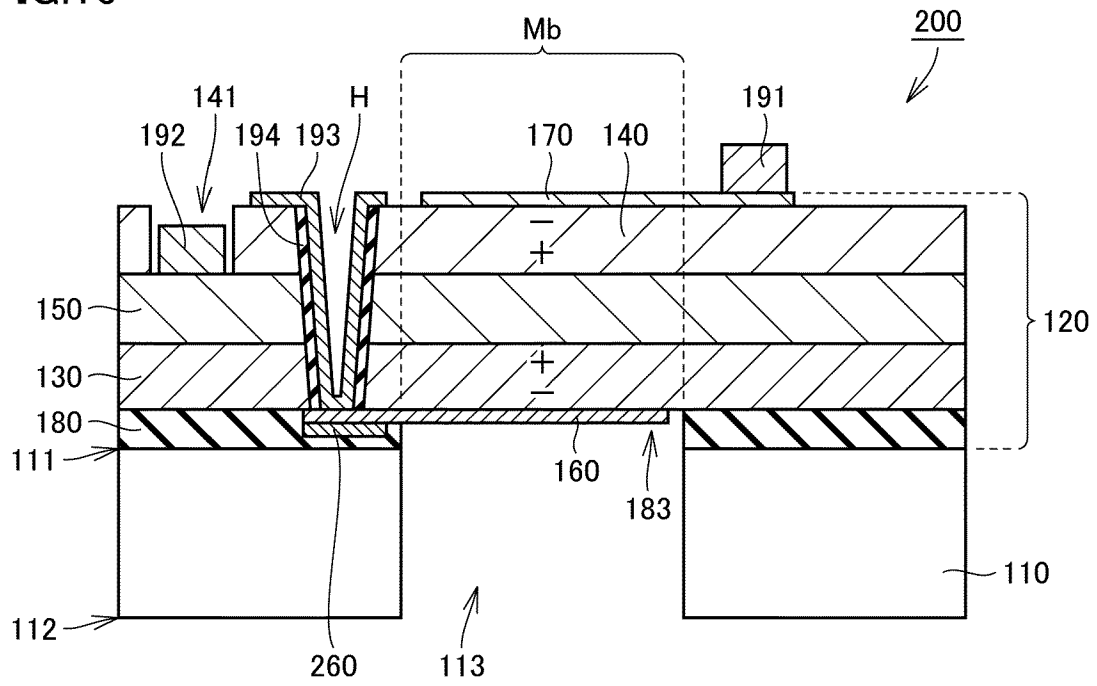


FIG.14



[図16]

FIG.16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/021023

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 41/047(2006.01)i; H01L 41/187(2006.01)i; H01L 41/257(2013.01)i; H01L 41/29(2013.01)i; H03H 9/17(2006.01)i

FI: H03H9/17 G; H01L41/187; H01L41/047; H01L41/29; H01L41/257

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)

H01L41/047; H01L41/187; H01L41/257; H01L41/29; H03H9/17

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-076822 A (KYOCERA CORPORATION) 15 March 2002 (2002-03-15) paragraphs [0021]-[0046], fig. 2	1-8
A	JP 2005-353876 A (CANON INC.) 22 December 2005 (2005-12-22) paragraphs [0015]-[0037], fig. 1, 6	1-8
A	JP 2004-312611 A (UBE INDUSTRIES, LTD.) 04 November 2004 (2004-11-04) paragraphs [0063]-[0064], fig. 6	1-8
A	JP 2006-295380 A (SEIKO EPSON CORP.) 26 October 2006 (2006-10-26) paragraphs [0019]-[0021], fig. 7	1-8
E, A	JP 2021-086982 A (TDK CORPORATION) 03 June 2021 (2021-06-03) paragraphs [0025]-[0037], fig. 1	1-8



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

16 August 2021 (16.08.2021)

Date of mailing of the international search report

24 August 2021 (24.08.2021)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/021023

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2002-076822 A	15 Mar. 2002	(Family: none)	
JP 2005-353876 A	22 Dec. 2005	(Family: none)	
JP 2004-312611 A	04 Nov. 2004	WO 2004/090203 A1	
JP 2006-295380 A	26 Oct. 2006	(Family: none)	
JP 2021-086982 A	03 Jun. 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 41/047(2006.01)i; H01L 41/187(2006.01)i; H01L 41/257(2013.01)i; H01L 41/29(2013.01)i; H03H 9/17(2006.01)i FI: H03H9/17 G; H01L41/187; H01L41/047; H01L41/29; H01L41/257		
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）） H01L41/047; H01L41/187; H01L41/257; H01L41/29; H03H9/17 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年 国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に利用した用語）		
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 2002-076822 A（京セラ株式会社）15.03.2002（2002-03-15） 段落[0021]-[0046], [図2]	1-8
A	JP 2005-353876 A（キャノン株式会社）22.12.2005（2005-12-22） 段落[0015]-[0037], [図1], [図6]	1-8
A	JP 2004-312611 A（宇部興産株式会社）04.11.2004（2004-11-04） 段落[0063]-[0064], [図6]	1-8
A	JP 2006-295380 A（セイコーエプソン株式会社）26.10.2006（2006-10-26） 段落[0019]-[0021], [図7]	1-8
E, A	JP 2021-086982 A（TDK株式会社）03.06.2021（2021-06-03） 段落[0025]-[0037], [図1]	1-8
☐ 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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 16.08.2021		国際調査報告の発送日 24.08.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 石田 昌敏 5W 4181 電話番号 03-3581-1101 内線 3576

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/021023

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2002-076822	A	15.03.2002	(ファミリーなし)	
JP	2005-353876	A	22.12.2005	(ファミリーなし)	
JP	2004-312611	A	04.11.2004	WO 2004/090203	A1
JP	2006-295380	A	26.10.2006	(ファミリーなし)	
JP	2021-086982	A	03.06.2021	(ファミリーなし)	