

(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
2017年9月28日(28.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/163729 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 3/08 (2006.01) H01L 41/313 (2013.01)
H01L 41/09 (2006.01) H01L 41/337 (2013.01)
H01L 41/187 (2006.01) H03H 9/25 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006476
- (22) 国際出願日: 2017年2月22日(22.02.2017)
- (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 2016-061713 2016年3月25日(25.03.2016) JP
- (71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 多井 知義(TAI Tomoyoshi); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 後藤 万佐司(GOTO Masashi); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 鵜野雄大(UNO Yudai); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂

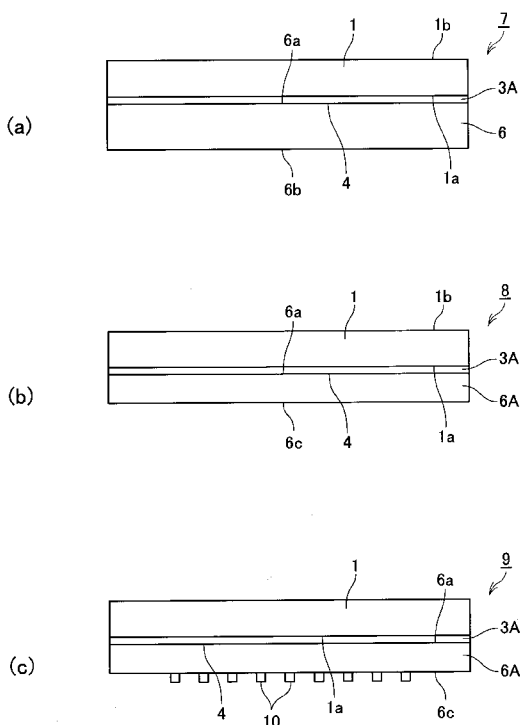
区須田町2番56号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 金子 真也(KANEKO Shinya); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

- (74) 代理人: 細田 益稔, 外(HOSODA Masutoshi et al.); 〒1080074 東京都港区高輪一丁目5番4号常和高輪ビル7階 Tokyo (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, 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, 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

[続葉有]

(54) Title: BONDED BODY AND ELASTIC WAVE ELEMENT

(54) 発明の名称: 接合体および弾性波素子



(57) Abstract: [Problem] When providing a bonding layer on a support substrate formed from a ceramic and bonding the bonding layer and a piezoelectric single crystal substrate together, to improve bonding strength between the piezoelectric single crystal and the bonding layer and to prevent separation between the bonding layer and the support substrate. [Solution] This bonded body 8 comprises: a support substrate 1 which is formed from a ceramic; a bonding layer 3A which, provided on a surface 1a of the support substrate 1, comprises at least one material selected from the group consisting of mullite, alumina, tantalum pentoxide, titanium oxide and niobium pentoxide; and a piezoelectric single crystal substrate 6A which is bonded to the bonding layer 3A. The arithmetic average roughness Ra of the surface 1a of the support substrate 1 is 0.5-5.0 nm.

(57) 要約: 【課題】セラミックスからなる支持基板上に接合層を設け、接合層と圧電性単結晶基板とを接合するのの際して、圧電性単結晶基板と接合層との間の接合強度を向上させるのと共に、接合層と支持基板との間の剥離を防止する。【解決手段】接合体8は、セラミックスからなる支持基板1、支持基板1の表面1aに設けられた接合層3Aであって、ムライト、アルミナ、五酸化タンタル、酸化チタンおよび五酸化ニオブからなる群より選ばれた一種以上の材質からなる接合層3A、および接合層3Aに接合された圧電性単結晶基板6Aを有する。支持基板1の表面1aの算術平均粗さRaが0.5nm以上、5.0nm以下である。



ロツパ (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))

明 細 書

発明の名称：接合体および弾性波素子

技術分野

[0001] 本発明は、圧電性単結晶基板と、セラミックスからなる支持基板との接合体、およびこれを利用する弾性波素子に関するものである。

背景技術

[0002] 携帯電話等に使用されるフィルタ素子や発振子として機能させることができる弾性表面波デバイスや、圧電薄膜を用いたラム波素子や薄膜共振子（F B A R : Film Bulk Acoustic Resonator）などの弾性波デバイスが知られている。こうした弾性波デバイスとしては、支持基板と弾性表面波を伝搬させる圧電基板とを貼り合わせ、圧電基板の表面に弾性表面波を励振可能な楕形電極を設けたものが知られている。このように圧電基板よりも小さな熱膨張係数を持つ支持基板を圧電基板に貼付けることにより、温度が変化したときの圧電基板の大きさの変化を抑制し、弾性表面波デバイスとしての周波数特性の変化を抑制している。

例えば、特許文献１には、圧電基板とシリコン基板とをエポキシ接着剤からなる接着層によって貼り合わせた構造の弾性表面波デバイスが提案されている。

[0003] ここで、圧電基板とシリコン基板とを接合するのに際して、圧電基板表面に酸化珪素膜を形成し、酸化珪素膜を介して圧電基板とシリコン基板とを直接接合することが知られている（特許文献２）。この接合の際には、酸化珪素膜表面とシリコン基板表面とにプラズマビームを照射して表面を活性化し、直接接合を行う。

[0004] また、圧電基板の表面を粗面とし、その粗面上に充填層を設けて平坦化し、この充填層を接着層を介してシリコン基板に接着することが知られている（特許文献３）。この方法では、充填層、接着層にはエポキシ系、アクリル系の樹脂を使用しており、圧電基板の接合面を粗面にすることで、バルク波

の反射を抑制し、スプリアスを低減している。

[0005] また、いわゆる F A B (Fast Atom Beam)方式の直接接合法が知られている (特許文献 4)。この方法では、中性化原子ビームを常温で各接合面に照射して活性化し、直接接合する。

[0006] 一方、特許文献 5 では、圧電性単結晶基板を、シリコン基板ではなく、セラミックス (アルミナ、窒化アルミニウム、窒化珪素) からなる支持基板に対して、中間層を介して直接接合することが記載されている。この中間層の材質は、珪素、酸化珪素、窒化珪素、窒化アルミニウムとされている。

[0007] 一方、特許文献 6 に記載の複合基板では、圧電基板と支持基板とを有機接着層で接着するのに際して、支持基板の圧電基板に対する接着面の R_t (粗さ曲線の最大断面高さ) を 5 nm 以上、 50 nm 以下とすることで、応力緩和による割れ防止効果を得ることが記載されている。

[0008] さらに、特許文献 3 では、圧電基板と支持基板とを接着層を介して貼り合わせた弾性表面波素子において、圧電基板の接合面に凹凸を形成し、この接合面に充填剤を塗布して充填層を形成し、この充填層と支持基板とを接着することを開示している。この場合、圧電基板の接合面に微小な凹凸を設けることで、その算術平均粗さ R_a を $0.1\text{ }\mu\text{ m}$ とすることで、バルク波の反射によるスプリアスを抑制している。また、支持基板の接合面の R_a を 10 nm とすることで、支持基板と充填層との接合強度を高くしている。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献 1 : 特開 2010-187373
特許文献 2 : 米国特許第 7213314 B2
特許文献 3 : 特許第 5814727
特許文献 4 : 特開 2014-086400
特許文献 5 : 特許第 3774782
特許文献 6 : 実用新案登録第 3184763

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかし、圧電性単結晶基板をセラミックスからなる支持基板と直接接合する際、接合後の加熱の際に圧電性単結晶基板とセラミックスとの熱膨張差によって割れるおそれがあった。特許文献5に記載のように、セラミックスからなる支持基板の表面に所定の接合層を設け、イオン化ビームを接合層に照射して活性化し、圧電性単結晶基板に直接接合する方法もある。しかし、本発明者が実際に接合体を試作してみると、接合強度がやはり不十分であり、後の加工工程で圧電性単結晶基板と接合層との間で剥離が生ずることがあった。

[0011] このため、本発明者は、接合層の材質や圧電性単結晶基板の表面処理方法などを検討し、接合層と圧電性単結晶基板との接合強度を一層改善することを検討してきた。しかし、接合体を後工程に供したときに、支持基板と接合層との界面に沿って剥離が生ずることがあった。

[0012] 本発明の課題は、セラミックスからなる支持基板上に接合層を設け、接合層と圧電性単結晶基板とを接合するのに際して、圧電性単結晶基板と接合層との間の接合強度を向上させるのと共に、接合層と支持基板との間の剥離を防止することである。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明に係る接合体は、
セラミックスからなる支持基板、
前記支持基板の表面に設けられた接合層であって、ムライト、アルミナ、五酸化タンタル、酸化チタンおよび五酸化ニオブからなる群より選ばれた一種以上の材質からなる接合層、および
前記接合層に接合された圧電性単結晶基板
を有しており、前記支持基板の前記表面の算術平均粗さ R_a が 0.5 nm 以上、 5.0 nm 以下であることを特徴とする。

[0014] また、本発明に係る弾性波素子は、
前記接合体、および

前記圧電性単結晶基板上に設けられた電極を備えていることを特徴とする。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、圧電性単結晶基板と、セラミックスからなる支持基板とを接合するのに際して、ムライト、アルミナ、五酸化タンタル、酸化チタンおよび五酸化ニオブからなる群より選ばれた材質からなる接合層を設けることで、圧電性単結晶基板と接合層との接合強度を高くすることができる。これと共に、支持基板の表面の算術平均粗さ R_a を 0.5 nm 以上、 5.0 nm 以下とすることによって、支持基板と特定接合層との界面における剥離を防止することが可能である。支持基板の表面の R_a が 5.0 nm を超えても、極めて滑らかな状態であると言えるが、それでも支持基板と特定接合層との界面での剥離が顕著に発生しやすくなることは予測が困難であった。

図面の簡単な説明

[0016] [図1] (a) は、セラミックスからなる支持基板 1 上に接合層 2 を設けた状態を示し、(b) は、接合層 3 の表面 3 a を平坦化加工した状態を示し、(c) は、平坦面 4 を中性化ビーム A によって活性化した状態を示す。

[図2] (a) は、圧電性単結晶基板 6 と支持基板 1 を接合した状態を示し、(b) は、圧電性単結晶基板 6 A を加工によって薄くした状態を示し、(c) は、圧電性単結晶基板 6 A 上に電極 10 を設けた状態を示す。

[図3] (a) は、圧電性単結晶基板 11 の表面 11 a を粗面とした状態を示し、(b) は、粗面 11 a 上に中間層 12 を設けた状態を示し、(c) は、中間層 13 の表面 13 a を平坦化加工した状態を示し、(d) は、平坦面 14 を中性化ビーム A によって活性化した状態を示す。

[図4] (a) は、圧電性単結晶基板 11 と支持基板 1 を接合した状態を示し、(b) は、圧電性単結晶基板 11 A を加工によって薄くした状態を示し、(c) は、圧電性単結晶基板 11 A 上に電極 10 を設けた状態を示す。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、適宜図面を参照しつつ、本発明を詳細に説明する。

図 1、図 2 は、支持基板上に接合層を設け、これを圧電性単結晶基板の表面に直接接合する実施形態に係るものである。

[0018] 図 1 (a) に示すように、セラミックスからなる支持基板 1 の表面 1 a に接合層 2 を設ける。1 b は反対側の表面である。この時点では、接合層 2 の表面 2 a には凹凸があってもよい。

[0019] 次いで、好適な実施形態においては、接合層 2 の表面 2 a を平坦化加工することによって、平坦面 3 a を形成する。この平坦化加工によって、通常、接合層 2 の厚さは小さくなり、より薄い接合層 3 になる (図 1 (b) 参照)。ただし、平坦化加工は必ずしも必要ない。

次いで、図 1 (c) に示すように、平坦面 3 a に対して矢印 A のように中性化ビームを照射し、接合層 3 A の表面を活性化して活性化面 4 とする。

[0020] 一方、図 2 (a) に示すように、圧電性単結晶基板 6 の表面に中性化ビームを照射することによって活性化し、活性化面 6 a とする。そして、圧電性単結晶基板 6 の活性化面 6 a と接合層 3 A の活性化面 4 とを直接接合することによって、接合体 7 を得る。

[0021] 好適な実施形態においては、接合体 7 の圧電性単結晶基板の表面 6 b を更に研磨加工し、図 2 (b) に示すように圧電性単結晶基板 6 A の厚さを小さくし、接合体 8 を得る。6 c は研磨面である。

[0022] 図 2 (c) では、圧電性単結晶基板 6 A の研磨面 6 c 上に所定の電極 10 を形成することによって、弾性表面波素子 9 を作製している。

[0023] 図 3、図 4 は、圧電性単結晶基板の表面を粗面とした実施形態に係るものである。

[0024] 図 3 (a) に示すように、圧電性単結晶基板 11 の表面 11 a に加工を施し、粗面 11 a を形成する。11 b は反対側の表面である。次いで、図 3 (b) に示すように、粗面 11 a 上に中間層 12 を設ける。この時点では、中間層 12 の表面 12 a にも粗面が転写されており、凹凸が形成されている。

[0025] 次いで、好適な実施形態においては、中間層 12 の表面 12 a を平坦化加工することによって、図 3 (c) に示すように平坦面 13 a を形成する。こ

の平坦化加工によって、通常、中間層 1 2 の厚さは小さくなり、より薄い中間層 1 3 になる。次いで、図 3 (d) に示すように、平坦面 1 3 a に対して矢印 A のように中性化ビームを照射し、中間層 1 3 A の表面を活性化して活性化面 1 4 とする。

[0026] 一方、図 1 (c) に示すように、支持基板 1 上の接合層 3 A の平坦面に中性化ビームを照射することによって活性化し、活性化面 4 とする。そして、接合層 3 A の活性化面 4 と中間層 1 3 A の活性化面 1 4 とを直接接合することによって、接合体 1 7 を得る(図 4(a))。

[0027] 好適な実施形態においては、接合体 1 7 の圧電性単結晶基板の表面 1 1 b を更に研磨加工し、図 4 (b) に示すように圧電性材料基板 1 1 A の厚さを小さくし、接合体 1 8 を得る。1 1 c は研磨面である。

[0028] なお、図 4 (c) の表面弾性波素子 1 9 の場合には、圧電性材料基板 1 1 A の研磨面 1 1 c 上に所定の電極 1 0 が形成されている。

[0029] 以下、本発明の各構成要素について更に説明する。

支持基板はセラミックスからなる。支持基板を構成するセラミックスとしては、ムライト、コージェライトおよびサイアロンからなる群より選ばれた材質が好ましい。

[0030] 本発明では、支持基板上の表面に接合層が設けられている。接合層の材質は、ムライト、アルミナ、五酸化タンタル、酸化チタンおよび五酸化ニオブからなる群より選ばれた一種以上の材質であり、これによって接合層と圧電性単結晶基板との接合強度を高くできる。また、接合層の成膜方法は限定されないが、スパッタリング(sputtering)法、化学的気相成長法 (CVD) 、蒸着を例示できる。

[0031] 圧電性単結晶基板の材質は、具体的には、タンタル酸リチウム (L T) 単結晶、ニオブ酸リチウム (L N) 単結晶、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体単結晶、水晶、ホウ酸リチウムを例示できる。このうち、L T 又は L N であることがより好ましい。L T や L N は、弾性表面波の伝搬速度が速く、電気機械結合係数が大きいので、高周波数且つ広帯域周波数用の弾

性表面波デバイスとして適している。また、圧電性単結晶基板の主面の法線方向は、特に限定されないが、例えば、圧電性単結晶基板がL Tからなるときには、弾性表面波の伝搬方向であるX軸を中心に、Y軸からZ軸に36〜47°（例えば42°）回転した方向のものをを用いるのが伝搬損失が小さいため好ましい。圧電性材料基板がL Nからなるときには、弾性表面波の伝搬方向であるX軸を中心に、Y軸からZ軸に60〜68°（例えば64°）回転した方向のものをを用いるのが伝搬損失が小さいため好ましい。更に、圧電性単結晶基板の大きさは、特に限定されないが、例えば、直径50〜150 mm、厚さが0.2〜60 μmである。

[0032] 本発明では、支持基板の表面の算術平均粗さR_aが0.5 nm以上、5.0 nm以下である。これによって、支持基板と接合層との界面に沿った剥離を顕著に抑制することができる。この観点からは、支持基板の表面の算術平均粗さR_aは、0.8 nm以上であることがさらに好ましく、また3.0 nm以下であることがさらに好ましい。なお、算術平均粗さR_aは、AFM(Atomic Force Microscope:原子間力顕微鏡)を用いて、測定範囲10 μm×10 μmに従って測定した数値とする。

[0033] 好適な実施形態においては、支持基板の表面のP V値が10 nm以上、50 nm以下である。これによって、支持基板と接合層との界面の密着強度が一層改善する。この観点からは、支持基板の表面のP V値は、20 nm以上であることがさらに好ましく、また30 nm以下であることがさらに好ましい。なお、P V値は、AFM(Atomic Force Microscope:原子間力顕微鏡)を用いて、測定範囲10 μm×10 μmに従って測定した数値とする。

[0034] 好適な実施形態においては、接合層の表面と圧電性単結晶基板の表面とが直接接合されている。この場合には、接合層の表面の算術平均粗さR_aが1 nm以下であることが好ましく、0.3 nm以下であることが更に好ましい。また、圧電性単結晶基板の前記表面の算術平均粗さR_aが1 nm以下であることが好ましく、0.3 nm以下であることが更に好ましい。これによって圧電性単結晶基板と接合層との接合強度が一層向上する。

[0035] 接合層の表面、圧電性単結晶基板の表面を平坦化する方法は、ラップ(lap)研磨、化学機械研磨加工(CMP)などがある。

[0036] 好適な実施形態においては、圧電性単結晶基板と接合層との間に中間層を有しており、中間層がムライト、アルミナ、五酸化タンタル、酸化チタンおよび五酸化ニオブからなる群より選ばれた一種以上の材質からなり、接合層の表面と前記中間層の表面とが接合されている。この場合、圧電性単結晶基板の表面と中間層とを直接接合することが好ましい。

[0037] 本実施形態においては、圧電性単結晶基板の表面が、面内一様に周期的な凹凸が形成されている面であり、その算術平均粗さ R_a が $0.05\mu\text{m}$ 以上、 $0.5\mu\text{m}$ 以下である。これによって、バルク波の界面における反射に伴うスプリアスを抑制できる。好適な実施形態においては、圧電性単結晶基板表面の最低谷底から最大山頂までの高さ R_y が $0.5\mu\text{m}$ 以上、 $5.0\mu\text{m}$ 以下である。具体的な粗さは、弾性波の波長に依存し、バルク波の反射が抑制できるように適宜選択できる。

また、粗面化加工の方法は、研削、研磨、エッチング、サンドブラストなどがある。

[0038] また、中間層の材質は、ムライト、アルミナ、五酸化タンタル、酸化チタンおよび五酸化ニオブからなる群より選ばれた一種以上の材質からなる。中間層の成膜方法は限定されないが、スパッタリング、化学的気相成長法(CVD)、蒸着を例示できる。

[0039] 好適な実施形態においては、中間層の表面の算術平均粗さ R_a が 1nm 以下であることが好ましく、 0.3nm 以下であることが更に好ましい。これによって接合層と中間層との接合強度が一層向上する。中間層の表面を平坦化する方法は、ラップ(lap)研磨、化学機械研磨加工(CMP)などがある。

[0040] 好適な実施形態においては、中性化ビームによって圧電性単結晶基板の表面を活性化できる。特に圧電性単結晶基板の表面が平坦面である場合には、この表面を接合層に対して直接接合できる。しかし、圧電性単結晶基板表面が粗面化されている場合には、中間層を設けてその表面を平坦化し、中性化

ビームによって活性化することが好ましい。この圧電性単結晶基板上の中間層の活性化された平坦面を、支持基板上の接合層に直接接合できる。

[0041] また、好適な実施形態においては、接合層の平坦面に中性化ビームを照射することで、接合層の平坦面を活性化する。

[0042] 中性化ビームによる表面活性化を行う際には、特許文献4に記載のような装置を使用して中性化ビームを発生させ、照射することが好ましい。すなわち、ビーム源として、サドルフィールド型の高速原子ビーム源を使用する。そして、チャンバーに不活性ガスを導入し、電極へ直流電源から高電圧を印加する。これにより、電極（正極）と筐体（負極）との間に生じるサドルフィールド型の電界により、電子 e が運動して、不活性ガスによる原子とイオンのビームが生成される。グリッドに達したビームのうち、イオンビームはグリッドで中和されるので、中性原子のビームが高速原子ビーム源から出射される。ビームを構成する原子種は、不活性ガス（アルゴン、窒素等）が好ましい。

ビーム照射による活性化時の電圧は0.5~2.0kVとすることが好ましく、電流は50~200mAとすることが好ましい。

[0043] 次いで、真空雰囲気中で、活性化面同士を接触させ、接合する。この際の温度は常温であるが、具体的には40℃以下が好ましく、30℃以下が更に好ましい。また、接合時の温度は20℃以上、25℃以下が特に好ましい。接合時の圧力は、100~20000Nが好ましい。

[0044] 本発明の接合体の用途は特に限定されず、例えば、弾性波素子や光学素子に好適に適用できる。

弾性波素子としては、弾性表面波デバイスやラム波素子、薄膜共振子（FBAR）などが知られている。例えば、弾性表面波デバイスは、圧電性材料基板の表面に、弾性表面波を励振する入力側のIDT（Interdigital Transducer）電極（楕形電極、すだれ状電極ともいう）と弾性表面波を受信する出力側のIDT電極とを設けたものである。入力側のIDT電極に高周波信号を印加すると、電極間に電界が発生し、弾性表面波が励振されて圧電基板上

を伝搬していく。そして、伝搬方向に設けられた出力側のIDT電極から、伝搬された弾性表面波を電気信号として取り出すことができる。

[0045] 圧電性単結晶基板の底面に金属膜を有していてもよい。金属膜は、弾性波デバイスとしてラム波素子を製造した際に、圧電基板の裏面近傍の電気機械結合係数を大きくする役割を果たす。この場合、ラム波素子は、圧電性単結晶基板の表面に櫛歯電極が形成され、支持基板に設けられたキャビティによって圧電基板の金属膜が露出した構造となる。こうした金属膜の材質としては、例えばアルミニウム、アルミニウム合金、銅、金などが挙げられる。なお、ラム波素子を製造する場合、底面に金属膜を有さない圧電性単結晶基板を備えた複合基板を用いてもよい。

[0046] また、圧電性単結晶基板の底面に金属膜と絶縁膜を有していてもよい。金属膜は、弾性波デバイスとして薄膜共振子を製造した際に、電極の役割を果たす。この場合、薄膜共振子は、圧電基板の表裏面に電極が形成され、絶縁膜をキャビティにすることによって圧電基板の金属膜が露出した構造となる。こうした金属膜の材質としては、例えば、モリブデン、ルテニウム、タングステン、クロム、アルミニウムなどが挙げられる。また、絶縁膜の材質としては、例えば、二酸化ケイ素、リンシリカガラス、ボロンリンシリカガラスなどが挙げられる。

[0047] また、光学素子としては、光スイッチング素子、波長変換素子、光変調素子を例示できる。また、圧電性材料基板中に周期分極反転構造を形成することができる。

[0048] 本発明を光学素子に適用した場合には、光学素子の小型化が可能であり、また特に周期分極反転構造を形成した場合には、加熱処理による周期分極反転構造の劣化を防止できる。更に、本発明の接合層材料は、高絶縁材料でもあるので、接合前の中性化ビームによる処理時に、分極反転の発生が抑制され、また圧電性単結晶基板に形成された周期分極反転構造の形状を乱すことがほとんどない。

実施例

[0049] (実施例 A 1)

図 1 ～図 2 を参照しつつ説明した方法に従って、接合体を作製した。

具体的には、オリエンテーションフラット部（OF 部）を有し、直径が 4 インチ、厚さが $250\text{ }\mu\text{m}$ のタンタル酸リチウム基板（LT 基板）を、圧電性単結晶基板 6 として使用した。LT 基板は、弾性表面波（SAW）の伝搬方向を X とし、切り出し角が回転 Y カット板である 46° Y カット X 伝搬 LT 基板を用いた。圧電性単結晶基板 6 の表面 6 a は、算術平均粗さ R_a が 0.3 nm となるように鏡面研磨しておいた。

[0050] また、支持基板 1 として、OF 部を有し、直径が 4 インチ、厚さが $230\text{ }\mu\text{m}$ のムライト基板を用意した。ムライトからなる支持基板 1 の表面 1 a の算術平均粗さ R_a は 0.5 nm であり、PV 値は 10 nm である。算術平均粗さは原子間力顕微鏡 (AFM) で、縦 $10\text{ }\mu\text{m}$ × 横 $10\text{ }\mu\text{m}$ の正方形の視野を評価した。

[0051] 次いで、支持基板 1 の表面 1 a に、ムライトからなる接合層 2 を $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 、CVD 法で成膜した。成膜後の R_a は 2.0 nm であった。次に、接合層 2 を化学機械研磨加工 (CMP) し、膜厚を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ とし、 R_a を 0.3 nm とした。

[0052] 次いで、接合層 3 の平坦面 3 a と圧電性単結晶基板 6 の表面 6 a とを洗浄し、汚れを取った後、真空チャンバーに導入した。 10^{-6} Pa 台まで真空引きした後、それぞれの基板の接合面に高速原子ビーム（加速電圧 1 kV 、Ar 流量 27 sccm ）を 120 sec 間照射した。ついで、接合層 3 A のビーム照射面（活性化面）4 と圧電性単結晶基板 6 の活性化面 6 a とを接触させた後、 10000 N で 2 分間加圧して両基板を接合した。

[0053] 次いで、圧電性単結晶基板 6 の表面 6 b を厚みが当初の $250\text{ }\mu\text{m}$ から $20\text{ }\mu\text{m}$ になるように研削及び研磨した（図 2（b）参照）。研削および研磨工程中に接合部分の剥がれは確認できなかった。またクラックオープニング法で接合強度を評価した所、 1.4 J/m^2 であった。

[0054] また、テープ剥離試験を行ったところ、圧電性単結晶基板と接合層との界面、接合層と支持基板との界面に剥離は観察されなかった。ただし、テープ

剥離試験は以下のようにして行った。

ウェハーに2×2mmの正方形のスリットを形成する。スリットは、圧電単結晶を貫通し、支持基板の途中まで入り込むような深さにした。試験用テープを圧電単結晶基板に貼り付ける。試験用テープは、JIS Z 1522に規定された粘着テープを使用した。指で5秒間押したあと、テープを基板に垂直になるように強く引っ張り、引き剥がした。

[0055] (実施例 A 2 ～ A 4 および比較例 A 1 ～ A 4)

実施例 1 において、支持基板表面の加工に用いる砥石を変更することで、支持基板表面の R a および P V 値を表 1 に示すように変更し、実施例 A 2 ～ A 4 および比較例 A 1 ～ A 4 の接合体を得た。ただし、比較例 A 4 においては、接合層の厚さを 3 0 0 n m に変更した。

[0056] 得られた各接合体について、接合強度測定とテープ剥離試験を行った。結果を表 1 に示す。

[0057]

[表1]

	支持基板表面の 面の Ra (nm)	支持基板表面の PV 値 (nm)	接合層の厚さ (nm)	接合強度 (J / m ²)	テープ試験
実施例 A1	0.5	10	100	1.4	剥離なし
実施例 A2	0.8	20	100	1.8	剥離なし
実施例 A3	3.0	30	100	2.0	剥離なし
実施例 A4	5.0	50	100	1.4	剥離なし
比較例 A1	0.35	5	100	1.4	剥離あり
比較例 A2	7.0	70	100	0.7	剥離あり
比較例 A3	12.0	140	100	0.2	剥離あり
比較例 A4	12.0	140	300	1.4	剥離あり

[0058] (実施例B)

実施例A 1～A 4、比較例A 1～A 3において、接合層2の材質をアルミナとし、接合層2の成膜にはスパッタリング法を用いた。その他は実施例A 1と同様にして各接合体を製造した。

[0059] この結果、圧電性単結晶基板の研削および研磨工程中に接合部分の剥がれは確認できなかった。またクラックオープニング法による接合強度、およびテープ剥離試験の結果は、実施例A 1～A 4、比較例A 1～A 3と同等であった。

[0060] (実施例C)

実施例A 1～A 4、比較例A 1～A 3において、接合層2の材質を五酸化タンタルとし、接合層2の成膜にはスパッタリング法を用いた。その他は実施例A 1と同様にして各接合体を製造した。

[0061] この結果、圧電性単結晶基板の研削および研磨工程中に接合部分の剥がれは確認できなかった。またクラックオープニング法による接合強度、およびテープ剥離試験の結果は、実施例A 1～A 4、比較例A 1～A 3と同等であった。

[0062] (実施例D)

実施例A 1～A 4、比較例A 1～A 3において、接合層2の材質を酸化チタンとし、接合層2の成膜にはスパッタリング法を用いた。その他は実施例A 1と同様にして各接合体を製造した。

[0063] この結果、圧電性単結晶基板の研削および研磨工程中に接合部分の剥がれは確認できなかった。またクラックオープニング法による接合強度、およびテープ剥離試験の結果は、実施例A 1～A 4、比較例A 1～A 3と同等であった。

[0064] (実施例E)

実施例A 1～A 4、比較例A 1～A 3において、接合層2の材質を五酸化ニオブとし、接合層2の成膜にはスパッタリング法を用いた。その他は実施

例 A 1 と同様にして各接合体を製造した。

[0065] この結果、圧電性単結晶基板の研削および研磨工程中に接合部分の剥がれは確認できなかった。またクラックオープニング法による接合強度、およびテープ剥離試験の結果は、実施例 A 1 ～ A 4、比較例 A 1 ～ A 3 と同等であった。

[0066] (比較例 F 1)

実施例 A 1 において、接合層 2 の材質を窒化珪素とし、接合層 2 の成膜にはスパッタリング法を用いた。その他は実施例 A 1 と同様にして接合体を製造した。

この結果、圧電性単結晶基板の研削および研磨工程中に接合部分の剥がれが発生した。またクラックオープニング法で接合強度を評価した所、 0.6 J/m^2 であった。

[0067] (比較例 F 2)

実施例 A 1 において、接合層 2 の材質を窒化アルミニウムとし、接合層 2 の成膜にはスパッタリング法を用いた。その他は実施例 A 1 と同様にして接合体を製造した。

この結果、圧電性単結晶基板の研削および研磨工程中に接合部分の剥がれが発生した。またクラックオープニング法で接合強度を評価した所、 0.5 J/m^2 であった。

[0068] (比較例 F 3)

実施例 A 1 において、接合層 2 の材質を酸化珪素とし、接合層 2 の成膜にはスパッタリング法を用いた。その他は実施例 A 1 と同様にして接合体を製造した。

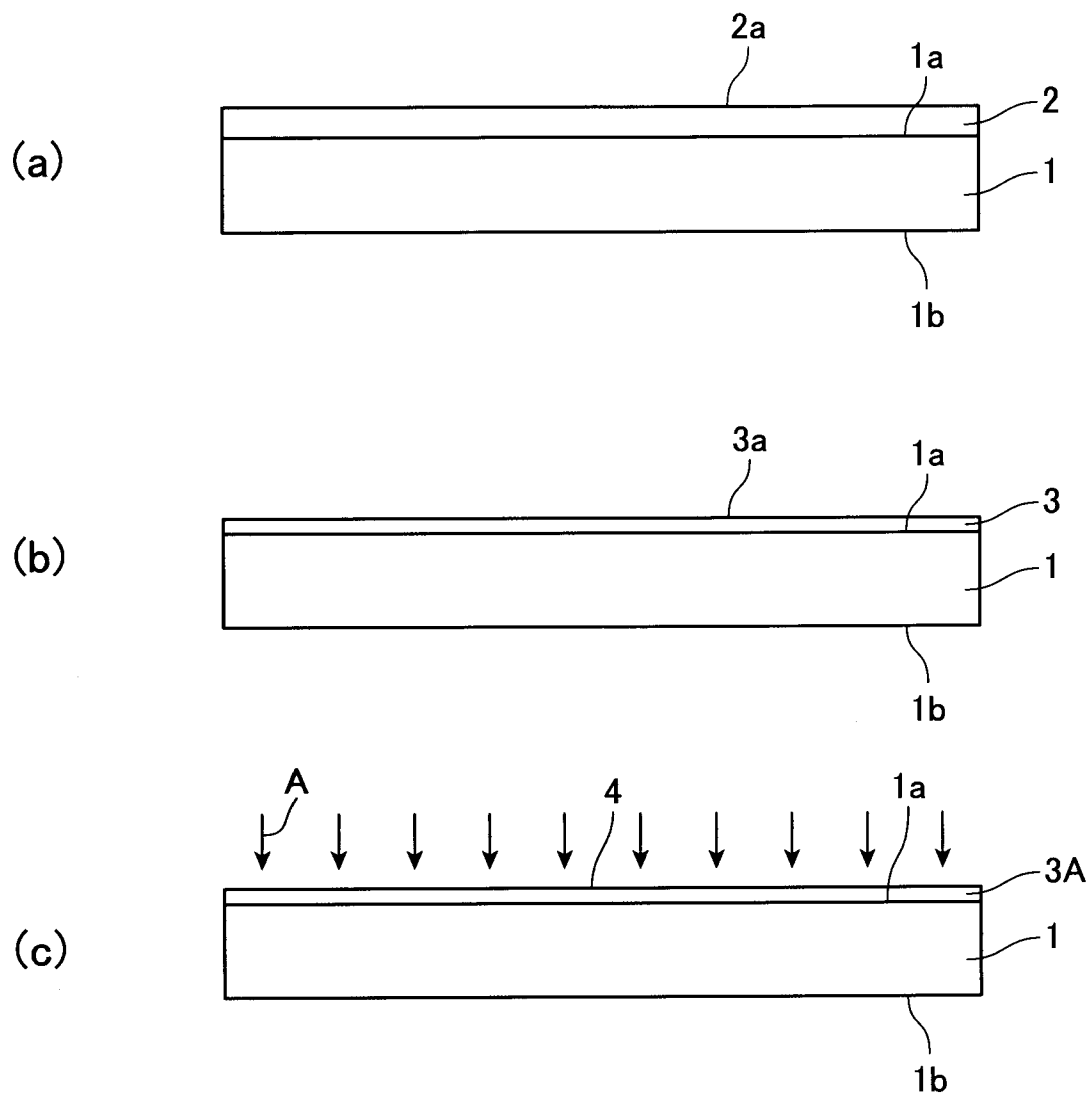
この結果、圧電性単結晶基板の研削および研磨工程中に接合部分の剥がれが発生した。またクラックオープニング法で接合強度を評価した所、 0.1 J/m^2 であった。

請求の範囲

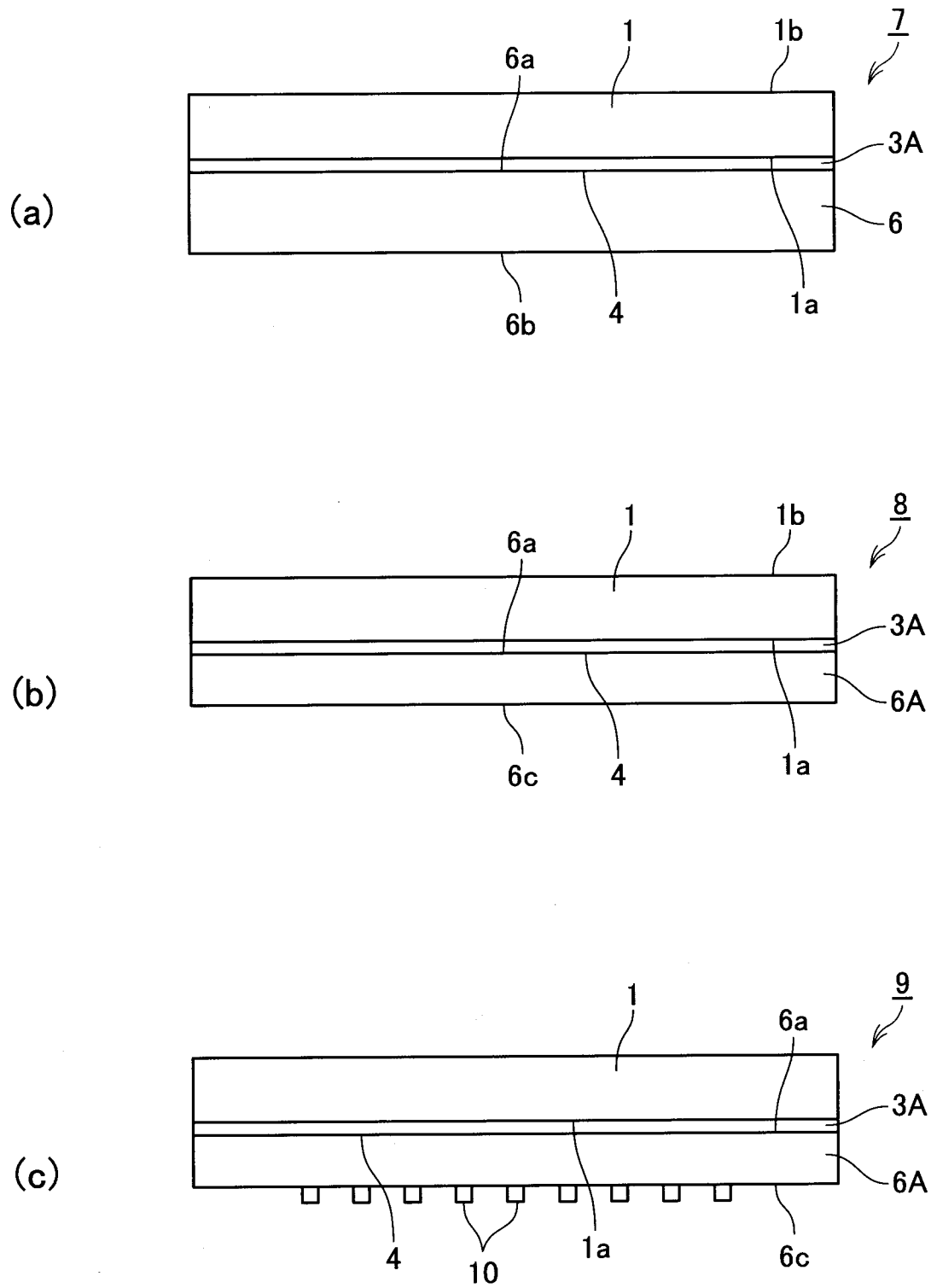
- [請求項1] セラミックスからなる支持基板、
前記支持基板の表面に設けられた接合層であって、ムライト、アルミナ、五酸化タンタル、酸化チタンおよび五酸化ニオブからなる群より選ばれた一種以上の材質からなる接合層、および
前記接合層に接合された圧電性単結晶基板
を有しており、前記支持基板の前記表面の算術平均粗さ R_a が 0.5 nm 以上、 5.0 nm 以下であることを特徴とする、接合体。
- [請求項2] 前記支持基板が、ムライト、コージェライトおよびサイアロンからなる群より選ばれた材質からなることを特徴とする、請求項1記載の接合体。
- [請求項3] 前記接合層の表面と前記圧電性単結晶基板の表面とが直接接合されていることを特徴とする、請求項1または2記載の接合体。
- [請求項4] 前記接合層の前記表面の算術平均粗さ R_a が 1 nm 以下であり、前記圧電性単結晶基板の前記表面の算術平均粗さ R_a が 1 nm 以下であることを特徴とする、請求項3記載の接合体。
- [請求項5] 前記圧電性単結晶基板と前記接合層との間に中間層を有しており、前記中間層がムライト、アルミナ、五酸化タンタル、酸化チタンおよび五酸化ニオブからなる群より選ばれた一種以上の材質からなり、前記接合層の表面と前記中間層の表面とが接合されていることを特徴とする、請求項1または2記載の接合体。
- [請求項6] 前記圧電性単結晶基板の表面上に前記中間層が設けられており、前記圧電性単結晶基板の前記表面の算術平均粗さ R_a が $0.05 \mu\text{m}$ 以上、 $0.5 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項5記載の接合体。
- [請求項7] 前記接合層の前記表面の算術平均粗さ R_a が 1 nm 以下であり、前記中間層の前記表面の算術平均粗さ R_a が 1 nm 以下であることを特徴とする、請求項5または6記載の接合体。

- [請求項8] 前記圧電性単結晶基板が、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムまたはニオブ酸リチウム－タンタル酸リチウム固溶体からなることを特徴とする、請求項1～7のいずれか一つの請求項に記載の接合体。
- [請求項9] 請求項1～8のいずれか一つの請求項に記載の接合体、および前記圧電性単結晶基板上に設けられた電極を備えていることを特徴とする、弾性波素子。

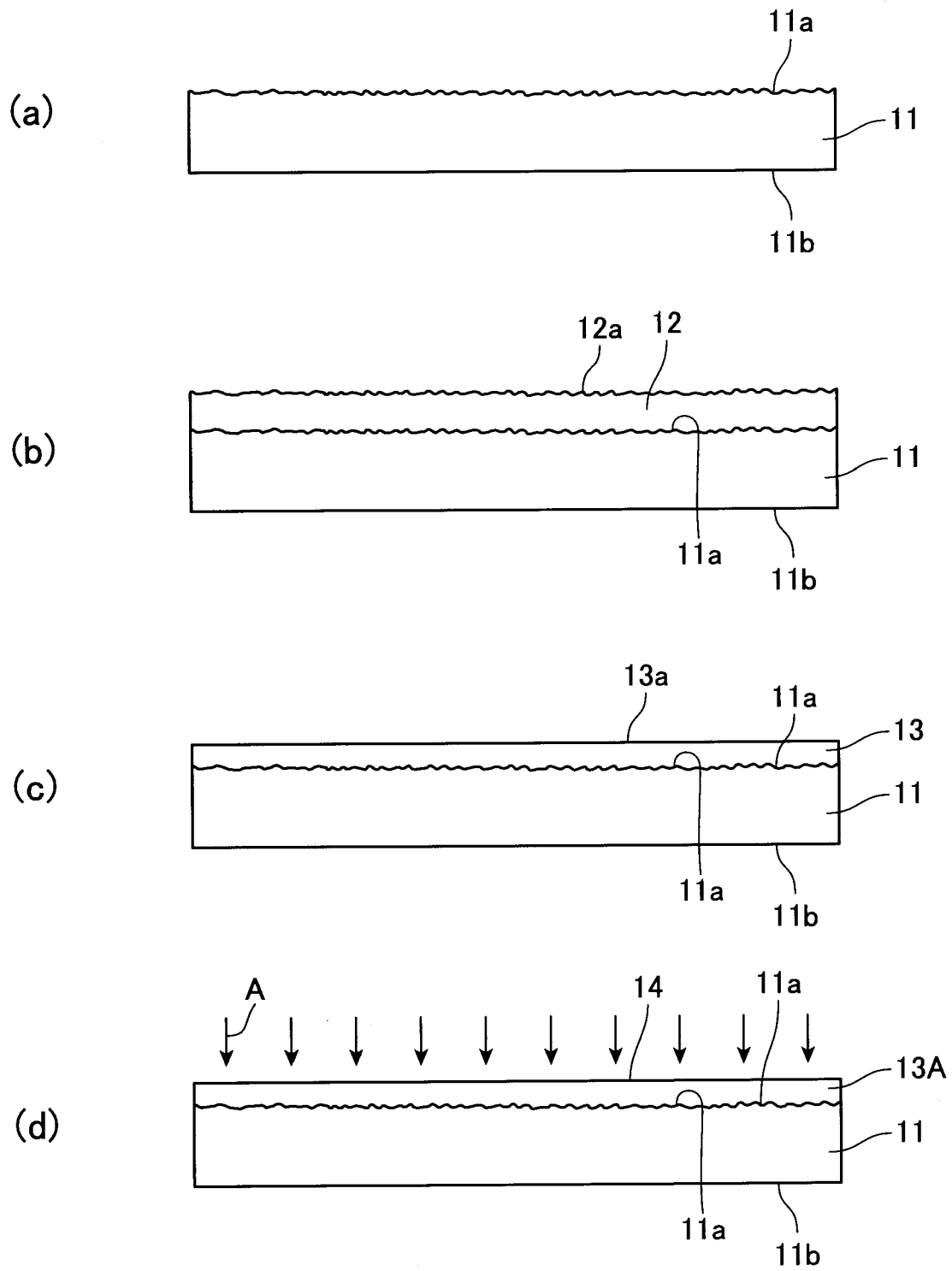
[図1]



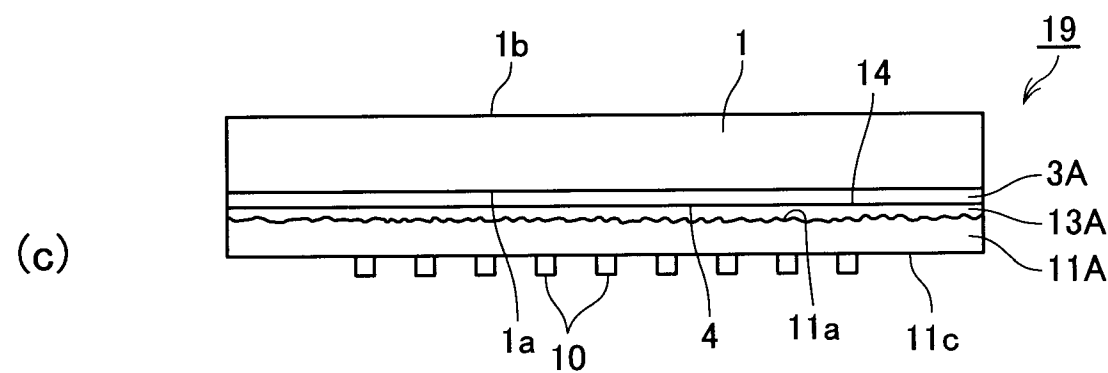
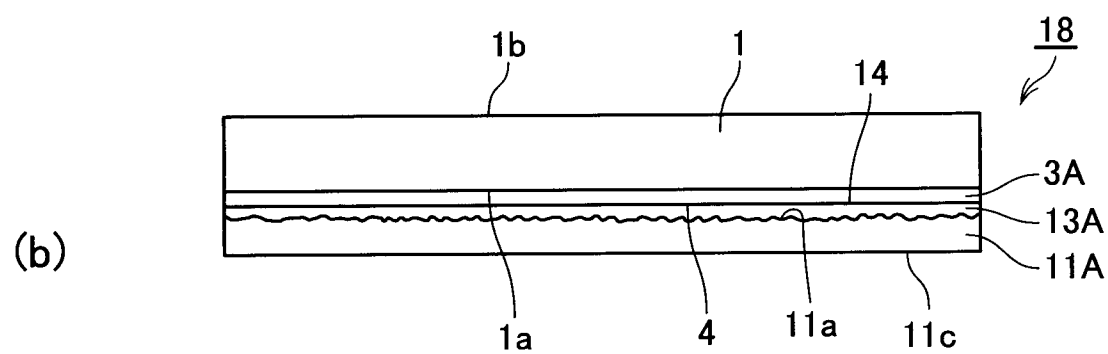
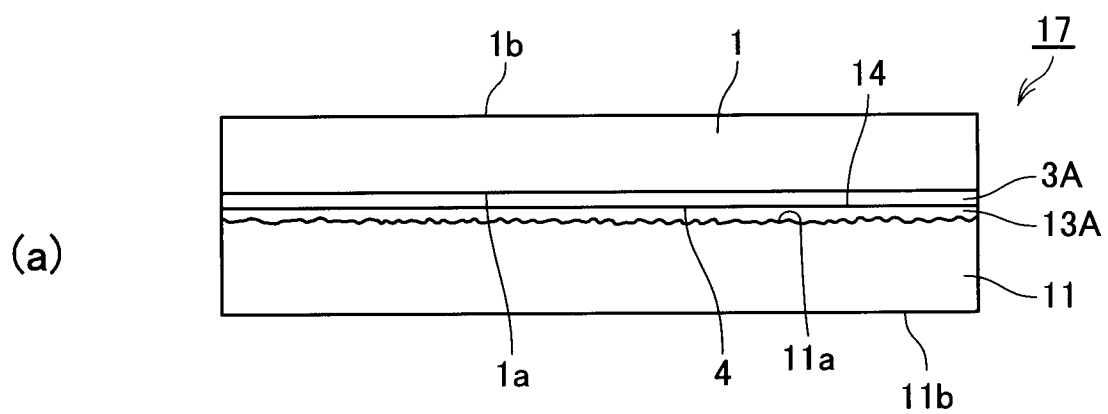
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006476

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H3/08(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H01L41/313(2013.01)i, H01L41/337(2013.01)i, H03H9/25(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03H3/08, H01L41/09, H01L41/187, H01L41/313, H01L41/337, H03H9/25

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	WO 2014/192597 A1 (NGK Insulators, Ltd.), 04 December 2014 (04.12.2014), paragraphs [0001] to [0007], [0022] to [0070]; fig. 1 to 4 & US 2016/0049469 A1 paragraphs [0001] to [0008], [0033] to [0094]; fig. 1 to 4	1-4, 8-9 5-7
A	WO 2014/010696 A1 (NGK Insulators, Ltd.), 16 January 2014 (16.01.2014), paragraph [0022]; fig. 1 to 2 & US 2015/0091416 A1 paragraph [0035]; fig. 1 to 2 & CN 104396142 A & KR 10-2015-0034715 A	1-9

☒ 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
21 March 2017 (21.03.17)

Date of mailing of the international search report
04 April 2017 (04.04.17)

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

International application No.

PCT/JP2017/006476

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/146374 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 03 October 2013 (03.10.2013), paragraph [0074]; fig. 2 & US 2015/0008789 A1 paragraph [0090]; fig. 2 & CN 104205631 A	1-9
A	JP 2015-145054 A (NGK Insulators, Ltd.), 13 August 2015 (13.08.2015), paragraphs [0021] to [0023] (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H03H3/08(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H01L41/313(2013.01)i, H01L41/337(2013.01)i, H03H9/25(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H03H3/08, H01L41/09, H01L41/187, H01L41/313, H01L41/337, H03H9/25

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	WO 2014/192597 A1（日本碍子株式会社）2014.12.04, [0001]-[0007], [0022]-[0070], 図1-4 & US 2016/0049469	1-4, 8-9
A	A1, [0001]-[0008], [0033]-[0094], 図1-4	5-7
A	WO 2014/010696 A1（日本碍子株式会社）2014.01.16, [0022], 図1-2 & US 2015/0091416 A1, [0035], 図1-2 & CN 104396142 A & KR 10-2015-0034715 A	1-9
A	WO 2013/146374 A1（株式会社村田製作所）2013.10.03, [0074], 図2	1-9

☑ 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

21.03.2017

国際調査報告の発送日

04.04.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

橋本 和志

5W

4183

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	& US 2015/0008789 A1, [0090], 図 2 & CN 104205631 A JP 2015-145054 A (日本碍子株式会社) 2015.08.13, [0021]-[0023] (ファミリーなし)	1 - 9