

(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
2020年4月23日(23.04.2020)



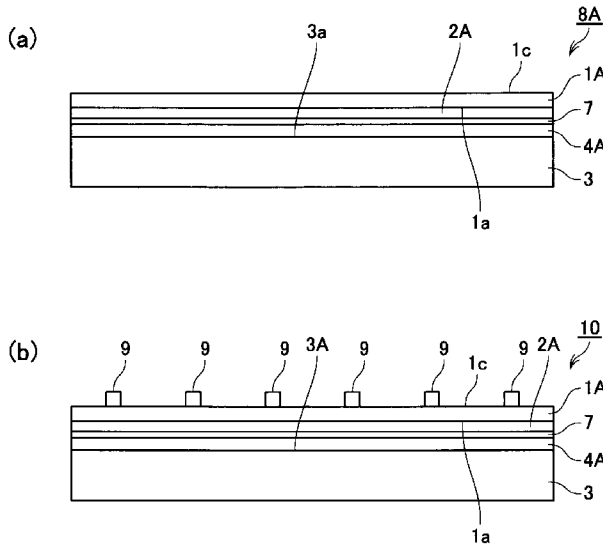
(10) 国際公開番号

WO 2020/079959 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/25 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/033130
- (22) 国際出願日: 2019年8月23日(23.08.2019)
- (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 2018-195663 2018年10月17日(17.10.2018) 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: 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). 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). 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).
- (74) 代理人: 細田 益稔, 外(HOSODA Masutoshi et al.); 〒1020093 東京都千代田区平河町2-10-10 ハイックス平河町4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, 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, 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,

(54) Title: BONDED BODY AND ACOUSTIC WAVE ELEMENT

(54) 発明の名称: 接合体および弾性波素子



(57) Abstract: [Problem] To securely and stably bond a piezoelectric material substrate 1A onto a support substrate 3 via a bonding layer that comprises a silicon oxide which has a low oxygen ratio. [Solution] A bonded body 8A includes: the support substrate 3; the piezoelectric material substrate 1A; a first bonding layer 4A which is provided on the support substrate 3 and has a composition of $Si_{(1-x)}O_x$ ($0.008 \leq x \leq 0.408$); a second bonding layer 2A which is provided on the piezoelectric material substrate 1A and has a composition of $Si_{(1-y)}O_y$ ($0.008 \leq y \leq 0.408$); and an amorphous layer 7 which is provided between the first bonding layer 4A and the second bonding layer 2A. The amorphous layer 7 has an oxygen ratio that is higher than the oxygen ratio of the first bonding layer 4A and the oxygen ratio of the second bonding layer 2A.

WO 2020/079959 A1

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：【課題】支持基板 3 上に、酸素比率の低い珪素酸化物からなる接合層を介して圧電性材料基板 1 A を強固に安定して接合する。【解決手段】接合体 8 A は、支持基板 3、圧電性材料基板 1 A、支持基板 3 上に設けられた第一の接合層 4 A であって、 $\text{Si}_{(1-x)}\text{O}_x$ ($0.008 \leq x \leq 0.408$) の組成を有する第一の接合層 4 A、圧電性材料基板 1 A 上に設けられた第二の接合層 2 A であって、 $\text{Si}_{(1-y)}\text{O}_y$ ($0.008 \leq y \leq 0.408$) の組成を有する第二の接合層 2 A、および第一の接合層 4 A と第二の接合層 2 A との間に設けられた非晶質層 7 を備える。非晶質層 7 における酸素比率が、第一の接合層 4 A における酸素比率および第二の接合層 2 A における酸素比率よりも高い。

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、圧電性材料基板と支持基板との接合体および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。

[0003] 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1）。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（プラズマ活性化法）。

[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2）。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3）。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4では、圧電性材料基板を、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。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：米国特許第7 2 1 3 3 1 4 B 2

特許文献2：特許第5 8 1 4 7 2 7

特許文献3：特開2 0 1 4 - 0 8 6 4 0 0

特許文献4：特許第3 7 7 4 7 8 2

特許文献5：PCT/JP2018/011256

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 接合体の用途によっては、接合層における電気抵抗を高くすることで絶縁性を高めることが望まれている。例えば、弾性波素子の場合には、接合層の絶縁性を高くすることで、ノイズや損失を低減できる。このため、本出願人は、接合層の組成を酸素比率の低い珪素酸化物とすることによって、絶縁性の高い接合層を形成することを開示した（特許文献5）。

[0009] しかし、支持基板上に、酸素比率の低い珪素酸化物からなる接合層を介して圧電性材料基板を強固に安定して接合することは困難な場合があり、圧電性材料基板を研磨加工などの加工に供するときに剥離が生ずることがあった。

[0010] 本発明の課題は、支持基板上に、酸素比率の低い珪素酸化物からなる接合層を介して圧電性材料基板を強固に安定して接合することである。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明は、支持基板、

圧電性材料基板、

前記支持基板上に設けられた第一の接合層であって、 $\text{Si}_{(1-x)}\text{O}_x$ ($0.008 \leq x \leq 0.408$) の組成を有する第一の接合層、

前記圧電性材料基板上に設けられた第二の接合層であって、 $\text{Si}_{(1-y)}\text{O}_y$ ($0.008 \leq y \leq 0.408$) の組成を有する第二の接合層、および

前記第一の接合層と前記第二の接合層との間に設けられた非晶質層を備えており、前記非晶質層における酸素比率が、前記第一の接合層における酸素比率および前記第二の接合層における酸素比率よりも高いことを特徴とする。

[0012] また、本発明は、前記接合体、および圧電性材料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、弾性波素子に係るものである。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、支持基板上に、酸素比率の低い珪素酸化物からなる接合層を介して圧電性材料基板を強固に安定して接合することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1] (a) は、圧電性材料基板 1 を示し、(b) は、圧電性材料基板 1 上に第二の接合層 2 を設けた状態を示し、(c) は、第二の接合層 2 の表面 2 a を中性化ビーム A によって活性化して活性化面 5 とした状態を示す。

[図2] (a) は、支持基板 3 上に第一の接合層 4 を設けた状態を示し、(b) は、第一の接合層 4 の表面 4 a を中性化ビーム B によって活性化して活性化面 6 とした状態を示す。

[図3] (a) は、第一の接合層 4 と第二の接合層 2 とを接触させた状態を示し、(b) は、第一の接合層 4 A と第二の接合層 2 A とを接合して接合体 8 を作製した状態を示す。

[図4] (a) は、圧電性材料基板 1 A を加工によって薄くした状態を示し、(b) は、圧電性材料基板 1 A 上に電極 9 を設けた状態を示す。

[図5] (a) は、第一の接合層 4 と第二の接合層 2 とを接触させた状態を示し、(b) は、第一の接合層 4 A と第二の接合層 2 A とを接合して接合体 1 8

を作製した状態を示す。

[図6] (a) は、圧電性材料基板 1 A を加工によって薄くした状態を示し、(b) は、圧電性材料基板 1 A 上に電極 9 を設けた状態を示す。

発明を実施するための形態

[0015] 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 (a) に示すように、圧電性材料基板 1 は一对の主面 1 a と 1 b とを有する。図 1 (b) に示すように、圧電性材料基板 1 の主面 1 a 上に第一の接合層 2 を成膜する。次いで、図 1 (c) に示すように、矢印 A のように中性化ビームを第一の接合層 2 の表面 2 a に照射し、接合層 2 の表面 2 a を活性化して活性化面 5 とする。

[0016] 一方、図 2 (a) に示すように、支持基板 3 の主面 3 a 上に第二の接合層 4 を成膜する。次いで、図 2 (b) に示すように、矢印 B のように中性化ビームを接合層 4 の表面 4 a に照射し、接合層 4 の表面 4 a を活性化して活性化面 6 とする。

[0017] 次いで、図 3 (a) に示すように、第一の接合層 4 の活性化面 6 と第二の接合層 2 の活性化面 5 とを直接接触させ、圧力を加えることで図 3 (b) に示すように接合体 8 を得る。ここで、中性化ビーム A、B の出力や照射時間などを制御することで、第一の接合層 4 の活性化面 6 と第二の接合層 2 の活性化面 5 との接合界面に沿って非晶質層 7 を生成させることができる。これによって、図 3 (b) に示すように、第一の接合層 4 A と第二の接合層 2 A との界面に沿って非晶質層 7 が生成する。

[0018] 好適な実施形態においては、接合体 8 の圧電性材料基板 1 の表面 1 b を更に研磨加工し、図 4 (a) に示すように圧電性材料基板 1 A の厚さを小さくし、接合体 8 A を得る。1 c は研磨面である。

[0019] 図 4 (b) では、圧電性材料基板 1 A の研磨面 1 c 上に所定の電極 9 を形成することによって、弾性波素子 10 を作製している。

[0020] 図 5、図 6 の実施形態では、圧電性材料基板 1 と第二の接合層 2 との間に中間層 1 2 A を設け、支持基板 3 と第一の接合層 4 との間に中間層 1 2 B を

設けている。

[0021] すなわち、図5(a)に示すように、圧電性材料基板1の主面1a上に中間層12A、第二の接合層2を順に成膜する。次いで、中性化ビームを接合層2の表面に照射し、接合層2Aの表面を活性化して活性化面5とする。支持基板3の主面3a上に中間層12B、第一の接合層4を順に成膜する。次いで、中性化ビームを接合層2、4の各表面に照射し、各接合層の各表面を活性化して活性化面6、5とする。

[0022] 次いで、図5(a)に示すように、第一の接合層4の活性化面6と第二の接合層2の活性化面5とを直接接触させ、圧力を加えることで図5(b)に示すように接合体18を得る。ここで、中性化ビームA、Bの出力や照射時間などを制御することで、第一の接合層4の活性化面6と第二の接合層2の活性化面5との接合界面に沿って非晶質層7を生成させることができる。これによって、図5(b)に示すように、第一の接合層4Aと第二の接合層2Aとの界面に沿って非晶質層7が生成する。

[0023] 好適な実施形態においては、接合体18の圧電性材料基板1の表面1bを更に研磨加工し、図6(a)に示すように圧電性材料基板1Aの厚さを小さくし、接合体18Aを得る。1cは研磨面である。

[0024] 図6(b)では、圧電性材料基板1Aの研磨面1c上に所定の電極9を形成することによって、弾性波素子20を作製している。

[0025] 本発明では、支持基板は、単結晶からなっていてよく、多結晶からなっていてよい。支持基板の材質は、好ましくは、シリコン、サイアロン、サファイア、コージェライト、ムライトおよびアルミナからなる群より選ばれる。アルミナは好ましくは透光性アルミナである。

[0026] 支持基板の相対密度は、接合強度の観点からは、99.5%以上が好ましく、100%であってもよい。相対密度はアルキメデス法によって測定する。また、支持基板の製法は特に限定されないが、焼結体であることが好ましい。

[0027] シリコンは、単結晶シリコンでも多結晶シリコンでもよく、また高抵抗シ

リコンであってもよい。

[0028] サイアロンは、窒化珪素とアルミナとの混合物を焼結して得られるセラミックスであり、以下のような組成を有する。



すなわち、サイアロンは、窒化珪素中にアルミナが混合された組成を有しており、 z がアルミナの混合比率を示している。 z は、0.5以上が更に好ましい。また、 z は、4.0以下が更に好ましい。

[0029] サファイアは Al_2O_3 の組成を有する単結晶であり、アルミナは Al_2O_3 の組成を有する多結晶である。コージェライトは、 $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ の組成を有するセラミックスである。ムライトは、 $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \sim 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ の範囲の組成を有するセラミックスである。

[0030] 圧電性材料基板の材質は、必要な圧電性を有する限り限定されないが、 LiAO_3 の組成を有する単結晶が好ましい。ここで、 A は、ニオブおよびタンタルからなる群より選ばれた一種以上の元素である。このため、 LiAO_3 は、ニオブ酸リチウムであってよく、タンタル酸リチウムであってよく、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体であってよい。

[0031] 本発明では、支持基板上に第一の接合層が設けられ、圧電性材料基板上に第二の接合層が設けられている。第一の接合層は、 $\text{Si}_{(1-x)}\text{O}_x$ ($0.008 \leq x \leq 0.408$)の組成を有する。第二の接合層層は、 $\text{Si}_{(1-y)}\text{O}_y$ ($0.008 \leq y \leq 0.408$)の組成を有する。

[0032] この組成は、 SiO_2 ($x=0.667$ に対応する)に比べて酸素比率がかなり低くされている組成である。このような組成の珪素酸化物 $\text{Si}_{(1-x)}\text{O}_x$ からなる第一の接合層および $\text{Si}_{(1-y)}\text{O}_y$ ($0.008 \leq y \leq 0.408$)からなる第二の接合層を介して支持基板に対して圧電性材料基板を接合すると、これらの接合層における絶縁性を高くすることができる。

[0033] 各接合層を構成する $\text{Si}_{(1-x)}\text{O}_x$ 、 $\text{Si}_{(1-y)}\text{O}_y$ の組成において、 x 、 y が0.008未満であると、接合層における電気抵抗が低くなり、所望の絶縁性が得られない。このため、 x 、 y を0.008以上とするが、0.0

10以上が好ましく、0.020以上が更に好ましく、0.024以上が特に好ましい。またx、yが0.408より大きいと、接合強度が下がり、圧電性材料基板の剥離が生じ易くなるので、x、yを0.408以下とするが、0.225以下とすることが更に好ましい。

[0034] 各接合層の電気抵抗率は $4.8 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましく、 $5.8 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが更に好ましく、 $6.2 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上が特に好ましい。一方、接合層の電気抵抗率は、一般に $1.0 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下となる。

[0035] 各接合層の厚さは、特に限定されないが、製造コストの観点からは0.01~10 μm が好ましく、0.01~0.5 μm が更に好ましい。

各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。ここで、特に好ましくは、スパッタターゲットをSiとした反応性スパッタリングの際に、チャンバー内に流す酸素ガス量を調整することによって、各接合層の酸素比率(x、y)をコントロールすることが可能である。

[0036] 各接合層の具体的な製造条件はチャンバー仕様によるので適宜選択するが、好適例では、全圧を0.28~0.34Paとし、酸素分圧を 1.2×10^{-3} ~ 5.7×10^{-2} Paとし、成膜温度を常温とする。また、SiターゲットとしてはBドープSiを例示できる。後述するように、第一の接合層との界面、第二の接合層とあとの界面には、不純物としてのB(ボロン)量が、 $5 \times 10^{18} \text{atoms}/\text{cm}^3$ ~ $5 \times 10^{19} \text{atoms}/\text{cm}^3$ 程度になるように制御している。これにより、接合層における絶縁性をより確実に担保することができる。

[0037] 本発明においては、第一の接合層の活性化面と第二の接合層の活性化面とが直接接合されている。言い換えると、第一の接合層と第二の接合層との界面に沿って接合界面がある。このため、各接合層の各活性化面の算術平均粗さRa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。これによって接合強度が一層向上する。

- [0038] 本発明の接合体は、第一の接合層と第二の接合層との間に生成する非晶質層を備えており、非晶質層における酸素比率が、第一の接合層における酸素比率および第二の接合層における酸素比率よりも高い。すなわち、支持基板の活性化面に沿って非晶質層が生じているが、この非晶質層における酸素拡散が進展することで、第一の接合層における酸素比率、第二の接合層における酸素比率よりも、これらの間に生成する非晶質層における酸素比率のほうが高くなる場合のあることを見いだした。しかも、このように酸素の拡散が進行した場合に、圧電性材料基板の支持基板への接合強度が高くなり、例えば圧電性材料基板を加工によって薄くしたような場合にも圧電性材料基板の剥離が生じにくいことを見いだした。
- [0039] 好適な実施形態においては、非晶質層における酸素比率と第一の接合層における酸素比率との差および非晶質層における酸素比率と第二の接合層における酸素比率との差がそれぞれ0.5原子%以上である。この差は1.0原子%以上であることが更に好ましい。非晶質層における酸素比率と第一の接合層における酸素比率との差および非晶質層における酸素比率と第二の接合層における酸素比率との差の上限値は特にはないが、現実的には5.0原子%以下であることが好ましく、4.5原子%以下であることが更に好ましい。
- [0040] 好適な実施形態においては、非晶質層におけるアルゴン比率が、第一の接合層におけるアルゴン比率および第二の接合層におけるアルゴン比率よりも高い。このように各接合層から中間の非晶質層に向かってアルゴンの拡散が促進されているような微構造であると、接合強度が一層向上する。
- [0041] こうした観点からは、非晶質層におけるアルゴン比率と第一の接合層におけるアルゴン比率との差および非晶質層におけるアルゴン比率と第二の接合層におけるアルゴン比率との差は1.0原子%以上であることが好ましく、1.5原子%以上であることが更に好ましい。非晶質層におけるアルゴン比率と第一の接合層におけるアルゴン比率との差および非晶質層におけるアルゴン比率と第二の接合層におけるアルゴン比率との差の上限値は特にはないが、現実的には5.0原子%以下であることが好ましく、4.5原子%以下で

あることが更に好ましい。

[0042] 好適な実施形態においては、非晶質層の組成は、珪素 (Si)、酸素 (O) およびアルゴン (Ar) を主成分とする。ただし、「主成分とする」とは、全原子比率を100原子%としたときに、これらの原子の原子比率の合計が95原子%以上であることを意味しており、97原子%以上であることが更に好ましい。特に好ましくは、非晶質層の組成は、 $Si_{(1-t)}O_t$ ($0.013 \leq t \leq 0.408$) であり、かつ酸素比率が第一の接合層、第二の接合層よりも高く、かつアルゴンを含有している。

[0043] 支持基板と第一の接合層との間の中間層、圧電性材料基板と第二の接合層との間の中間層の材質は、両者と接合する材質であれば特に限定されないが、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 Nb_2O_3 、 Bi_2O_3 、 Al_2O_3 、 MgO 、 AlN 、 Si_3N_4 が好ましい。

[0044] 特に、高周波数向け (3.5~6GHzの5G通信の周波数帯向け等) では、弾性波の周波数を向上させる必要があり、この場合は、支持基板と第一の接合層との間の中間層、圧電性材料基板と第二の接合層との間の中間層の各材質は高音速材料であることが好ましい。こうした高音速材料の音速は、6000m/s以上であることが好ましく、10000m/s以上であることが更に好ましい。各中間層の各材質の音速の上限は特にないが、実際上は30000m/sを超えることは難しいので、30000m/s以下、さらには25000m/s以下であることが多い。こうした高音速材料としては、 AlN 、 Si_3N_4 を例示できる。また、材質の音速はJIS法で測定した密度(JIS C2141)、ヤング率(JIS R1602)、ポアソン比(JIS R1602)から算出する。

[0045] また、高周波数向け (3.5~6GHzの5G通信の周波数帯向け等) では、ハイパワーの信号が入力されるため、放熱性を向上させる必要がある。この場合は、支持基板と第一の接合層との間の中間層、圧電性材料基板と第二の接合層との間の中間層の各材質を高熱伝導材料とすることが好ましい。こうした高熱伝導材料の熱伝導率は、 $100W/(m \cdot K)$ 以上であることが好ましく、 $900W/(m \cdot K)$ 以上であることが更に好ましく、 $1000W/(m \cdot K)$ であることが特に好まし

い。各中間層の各材質の熱伝導率の上限は特にはないが、実際上は $5000\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ を超えることは難しいので、 $5000\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下、さらには $3000\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下であることが多い。こうした高熱伝導材料としては、 AlN 、 Si_3N_4 を例示できる。また、材質の熱伝導率はJIS R1611に従って測定するものとする。

[0046] 以下、本発明の各構成要素について更に説明する。

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性材料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。

[0047] 圧電性材料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、圧電性材料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、圧電性材料基板の表面に楕歯電極が形成され、支持基板に設けられたキャビティによって圧電性材料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材料層を備えた複合基板を用いてもよい。

[0048] また、圧電性材料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、圧電性材料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性材料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。

[0049] 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。

[0050] 本発明の対象が弾性波素子であり、圧電性材料基板の材質がタンタル酸リチウムである場合には、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 $36\sim 47^\circ$ （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。

また圧電性材料基板がニオブ酸リチウムからなる場合には、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 $60\sim 68^\circ$ （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、圧電性材料基板の大きさは、特に限定されないが、例えば、直径 $50\sim 150$ mm、厚さが $0.2\sim 60$ μ mである。

[0051] 本発明の接合体を得るためには、以下の方法が好ましい。

まず、各接合層の各表面を平坦化して平坦面を得る。ここで、各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。また、平坦面は、 $Ra\leq 1$ nmが好ましく、 0.3 nm以下にすると更に好ましい。

次いで、研磨剤の残渣や加工変質層の除去のため、各接合層の各表面を洗浄する。表面を洗浄する方法は、ウエット洗浄、ドライ洗浄、スクラブ洗浄などがあるが、簡便かつ効率的に清浄表面を得るためには、スクラブ洗浄が好ましい。この際には、洗浄液としてサンウオッシュLH540を用いた後に、アセトンとIPAの混合溶液を用いてスクラブ洗浄機にて洗浄することが特に好ましい。

[0052] 次いで、各接合層の各表面に中性化ビームを照射することで、各表面を活性化する。

[0053] 中性化ビームによる表面活性化を行う際には、特許文献3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 $0.5\sim 2.0\text{kV}$ とすることが好ましく、電流は $50\sim 200\text{mA}$ とすることが好ましい。

[0054] 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°C 以下が好ましく、 30°C 以下が更に好ましい。また、接合時の温度は 20°C 以上、 25°C 以下が特に好ましい。接合時の圧力は、 $100\sim 20000\text{N}$ が好ましい。

実施例

[0055] (実施例1、2、3、3-2、比較例1、2)

図1および図2を参照しつつ説明した方法に従って、表1、表2に示す各例の接合体8、8Aを作製した。

具体的には、OF部を有し、直径が4インチ、厚さが $250\mu\text{m}$ のタンタル酸リチウム基板(LT基板)を、圧電性材料基板1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。圧電性材料基板1の表面1aは、算術平均粗さRaが 0.3nm となるように鏡面研磨しておいた。ただし、Raは、原子間力顕微鏡(AFM)によって $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ の視野で測定する。

[0056] 次いで、圧電性材料基板1の表面1aに、直流スパッタリング法によって

接合層 2 を成膜した。ターゲットにはボロンドープの Si を使用した。また、酸素源として酸素ガスを導入した。この際、酸素ガス導入量を変化させることによって、チャンバー内の雰囲気的全圧と酸素分圧を変化させ、これによって接合層 2 の酸素比率を変化させた。接合層 2 の厚さは 100~200 nm とした。接合層 2 の表面 2 a の算術平均粗さ Ra は 0.2~0.6 nm であった。次いで、接合層 2 を化学機械研磨加工 (CMP) し、膜厚を 80~190 nm とし、Ra を 0.08~0.4 nm とした。

[0057] 一方、支持基板 3 として、オリエンテーションフラット (OF) 部を有し、直径が 4 インチ、厚さが 500 μm のシリコンからなる支持基板 3 を用意した。支持基板 3 の表面は、化学機械研磨加工 (CMP) によって仕上げ加工されており、各算術平均粗さ Ra は 0.2 nm となっている。

[0058] 次いで、支持基板 3 の表面 3 a に、直流スパッタリング法によって接合層 4 を成膜した。ターゲットにはボロンドープの Si を使用した。また、酸素源として酸素ガスを導入した。この際、酸素ガス導入量を変化させることによって、チャンバー内の雰囲気的全圧と酸素分圧を変化させ、これによって接合層 4 の酸素比率を変化させた。接合層 4 の厚さは 100~200 nm とした。接合層 4 の表面 4 a の算術平均粗さ Ra は 0.2~0.6 nm であった。次いで、接合層 2 を化学機械研磨加工 (CMP) し、膜厚を 80~190 nm とし、Ra を 0.08~0.4 nm とした。

[0059] 次いで、接合層 2 の表面と接合層 4 の表面とを洗浄し、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、各表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 2 のビーム照射面 (活性化面) 5 と接合層 4 の活性化面 6 とを接触させた後、10000 N で 2 分間加圧して接合した (図 3 (b) 参照)。次いで、得られた各例の接合体 8 を 100°C で 20 時間加熱した。

次いで、圧電性材料基板 1 の表面を厚みが当初の 250 μm から 1 μm になるように研削及び研磨した (図 4 (a) 参照)。

[0060] 得られた各例の接合体 8、8 A について、以下の特性を評価した。

(非晶質層の確認)

非晶質層の存在は以下のようにして観察した。

測定装置：

透過型電子顕微鏡（日立ハイテクノロジーズ製 H-9500）を用いて微構造観察する。

測定条件：

F I B（集束イオンビーム）法にて薄片化したサンプルに対して、加速電圧200kVにて観察する。

[0061]（第一の接合層、非晶質層、第二の接合層中の原子比率）

以下の装置を用い、EDS（エネルギー分散型X線分光器）による元素分析を行い、接合層、非晶質層中の酸素原子、アルゴン原子の比率を測定した。

測定装置：

元素分析装置（日本電子 JEM-ARM200F）を用いて元素分析を行う。

測定条件：

F I B（集束イオンビーム）法にて薄片化したサンプルに対して、加速電圧200kVにて観察する。

[0062]（接合強度）

各例の接合体8、8Aについて、クラックオープニング法によって接合強度を測定した。ただし、接合強度が 1.75 J/m^2 を超えると、接合層での剥離が生じず、接合体8、8Aがバルク破壊を起こす。

[0063]

[表1]

		比較例 1			比較例 2		
圧電性材料基板		タンタル酸リチウム			タンタル酸リチウム		
支持基板		Si			Si		
FAB 照射量(kJ)		45			22.5		
接合強度(J/m ²)		0.7			0.3		
原子 濃度 atom%		Si	O	Ar	Si	O	Ar
	圧電性材料基 板側接合層	94.3	5.4	0.3	93.8	6.0	0.2
	非晶質層	93.6	5.4	1.0	93.6	5.9	0.5
	支持基板側 接合層	94.3	5.4	0.3	93.8	6.0	0.2

[0064]

[表2]

		実施例 1				実施例 2				実施例 3				実施例 3-2			
圧電性材料基板		タンタル酸リチウム				タンタル酸リチウム				タンタル酸リチウム				タンタル酸リチウム			
支持基板		Si				Si				Si				Si			
FAB 照射量(kJ)		135				90				180				60			
接合強度(J/m ²)		2.7				2.1				2.2				1.8			
原子 濃度 atom%		Si	O	Ar	Si	O	Ar	Si	O	Ar	Si	O	Ar	Si	O	Ar	
		圧電性材料基板 側接合層	93.3	6.2	0.5	93.6	6.0	0.4	93.5	5.9	0.6	93.8	5.8	0.4	93.8	5.8	0.4
		非晶質層	89.7	7.6	2.7	91.3	6.6	2.1	89.2	7.7	3.1	92.5	6.3	1.2	93.8	5.8	0.4
		支持基板側 接合層	93.2	6.2	0.6	93.7	5.9	0.4	93.5	5.9	0.6	93.8	5.8	0.4	93.8	5.8	0.4

[0065] 比較例 1、2 では、いずれも接合強度は低かった。

実施例 1、2、3、3-2 では、非晶質層における酸素比率、アルゴン比率が、第一の接合層、第二の接合層における酸素比率、アルゴン比率よりも高いが、いずれも接合強度が著しく向上しており、圧電性材料基板の研磨時にも剥離が生じなかった。実施例3-2では非晶質層におけるアルゴン比率が、第一の接合層、第二の接合層におけるアルゴン比率よりも高いが、アルゴン比率の差が 1 原子%より小さく、実施例1、2、3と比較すると接合強度はやや低くなった。

[0066] (実施例 4、比較例 4)

実施例 1 において、支持基板の材質をサファイアに変更し、また F A B 照射量も変更した。その他は実施例 1 と同様にして接合体 8、8 A を作製し、各部分の酸素比率、アルゴン比率、珪素比率および接合強度を測定した。この結果を表 3 に示す。

[0067]

[表3]

		実施例 4			比較例 4		
圧電性材料基板		タンタル酸リチウム			タンタル酸リチウム		
支持基板		サファイア			サファイア		
FAB 照射量(kJ)		135			45		
接合強度(J/m ²)		2.7			0.6		
原子 濃度 atom%		Si	O	Ar	Si	O	Ar
	圧電性材料基板 側接合層	93.5	6.2	0.3	93.7	6.2	0.1
	非晶質層	89.6	7.8	2.6	93.3	6.2	0.5
	支持基板側 接合層	93.2	6.4	0.4	93.5	6.4	0.1

[0068] 比較例 4 では、非晶質層における酸素比率が第一の接合層における酸素比率よりも僅かに低く、第二の接合層における酸素比率と同じであったが、接合強度は低かった。

実施例 4 では、非晶質層における酸素比率、アルゴン比率が、第一の接合層、第二の接合層における酸素比率、アルゴン比率よりも高いが、接合強度が著しく向上しており、圧電性材料基板の研磨時にも剥離が生じなかった。

[0069] (実施例 5、比較例 5)

実施例 1 において、支持基板の材質をコーージェライトに変更し、また FAB 照射量も変更した。その他は実施例 1 と同様にして接合体 8、8 A を作製

し、各部分の酸素比率、アルゴン比率、珪素比率および接合強度を測定した。この結果を表4に示す。

[0070] [表4]

		実施例5			比較例5		
圧電性材料基板		タンタル酸リチウム			タンタル酸リチウム		
支持基板		コーゼライト			コーゼライト		
FAB 照射量(kJ)		135			45		
接合強度(J/m ²)		2.6			0.5		
原子 濃度 atom%		Si	O	Ar	Si	O	Ar
	圧電性材料基板 側接合層	93.4	6.2	0.4	93.7	6.2	0.1
	非晶質層	89.5	7.7	2.8	93.4	6.2	0.4
	支持基板側 接合層	93.2	6.3	0.5	93.7	6.2	0.1

[0071] 比較例5では、非晶質層における酸素比率が、第一の接合層、第二の接合層における酸素比率と同じであったが、接合強度は低かった。

実施例5では、非晶質層における酸素比率、アルゴン比率が、第一の接合層、第二の接合層における酸素比率、アルゴン比率よりも高いが、接合強度が著しく向上しており、圧電性材料基板の研磨時にも剥離が生じなかった。

[0072] (実施例6、比較例6)

実施例1において、支持基板の材質をサイアロン (z = 2, 5) に変更し、またFAB照射量も変更した。その他は実施例1と同様にして接合体8、

8 A を作製し、各部分の酸素比率、アルゴン比率、珪素比率および接合強度を測定した。この結果を表 5 に示す。

[0073] [表5]

		実施例 6			比較例 6		
圧電性材料基板		タンタル酸リチウム			タンタル酸リチウム		
支持基板		サイアロン			サイアロン		
FAB 照射量(kJ)		135			45		
接合強度(J/m ²)		2.7			0.7		
原子 濃度 atom%		Si	O	Ar	Si	O	Ar
	圧電性材料基板 側接合層	93.3	6.3	0.4	93.6	6.3	0.1
	非晶質層	89.6	7.8	2.6	93.3	6.2	0.5
	支持基板側 接合層	93.2	6.2	0.6	93.7	6.2	0.1

[0074] 比較例 6 では、非晶質層における酸素比率が、第一の接合層における酸素比率と同じであり、第二の接合層における酸素比率よりも僅かに低かったが、接合強度は低かった。

実施例 6 では、非晶質層における酸素比率、アルゴン比率が、第一の接合層、第二の接合層における酸素比率、アルゴン比率よりも高いが、接合強度が著しく向上しており、圧電性材料基板の研磨時にも剥離が生じなかった。

[0075] (実施例 7、比較例 7)

実施例 1 において、支持基板の材質をムライトに変更し、また F A B 照射量も変更した。その他は実施例 1 と同様にして接合体 8、8 A を作製し、各

部分の酸素比率、アルゴン比率、珪素比率および接合強度を測定した。この結果を表6に示す。

[0076] [表6]

		実施例7			比較例7		
圧電性材料基板		タンタル酸リチウム			タンタル酸リチウム		
支持基板		ムライト			ムライト		
FAB 照射量(kJ)		135			45		
接合強度(J/m ²)		2.5			0.7		
原子 濃度 atom%		Si	O	Ar	Si	O	Ar
	圧電性材料基板 側接合層	93.3	6.2	0.5	93.7	6.2	0.1
	非晶質層	89.7	7.6	2.7	93.3	6.2	0.5
	支持基板側 接合層	93.2	6.2	0.6	93.7	6.2	0.1

[0077] 比較例7では、非晶質層における酸素比率が、第一の接合層、第二の接合層における酸素比率と同じであったが、接合強度は低かった。

実施例7では、非晶質層における酸素比率、アルゴン比率が、第一の接合層、第二の接合層における酸素比率、アルゴン比率よりも高いが、接合強度が著しく向上しており、圧電性材料基板の研磨時にも剥離が生じなかった。

[0078] (実施例8、比較例8)

実施例1において、支持基板の材質を透光性アルミナに変更し、またFAB照射量も変更した。その他は実施例1と同様にして接合体8、8Aを作製し、各部分の酸素比率、アルゴン比率、珪素比率および接合強度を測定した

。この結果を表7に示す。

[0079] [表7]

		実施例8			比較例8		
圧電性材料基板		タンタル酸リチウム			タンタル酸リチウム		
支持基板		透光性アルミナ			透光性アルミナ		
FAB 照射量(kJ)		135			45		
接合強度(J/m ²)		2.6			0.6		
原子 濃度 atom%		Si	O	Ar	Si	O	Ar
	圧電性材料基板 側接合層	93.2	6.3	0.5	93.7	6.2	0.1
	非晶質層	89.6	7.6	2.8	93.5	6.1	0.4
	支持基板側 接合層	93.2	6.2	0.6	93.7	6.2	0.1

[0080] 比較例8では、非晶質層における酸素比率が、第一の接合層、第二の接合層における酸素比率よりも僅かに低かったが、接合強度は低かった。

実施例8では、非晶質層における酸素比率、アルゴン比率が、第一の接合層、第二の接合層における酸素比率、アルゴン比率よりも高いが、接合強度が著しく向上しており、圧電性材料基板の研磨時にも剥離が生じなかった。

請求の範囲

- [請求項1] 支持基板、
圧電性材料基板、
前記支持基板上に設けられた第一の接合層であって、 $\text{Si}_{(1-x)}\text{O}_x$ ($0.008 \leq x \leq 0.408$) の組成を有する第一の接合層、
前記圧電性材料基板上に設けられた第二の接合層であって、 $\text{Si}_{(1-y)}\text{O}_y$ ($0.008 \leq y \leq 0.408$) の組成を有する第二の接合層、および
前記第一の接合層と前記第二の接合層との間に設けられた非晶質層を備えており、前記非晶質層における酸素比率が、前記第一の接合層における酸素比率および前記第二の接合層における酸素比率よりも高いことを特徴とする、接合体。
- [請求項2] 前記非晶質層における酸素比率と前記第一の接合層における酸素比率との差および前記非晶質層における酸素比率と前記第二の接合層における酸素比率との差が0.5原子%以上であることを特徴とする、請求項1記載の接合体。
- [請求項3] 前記非晶質層におけるアルゴン比率が、前記第一の接合層におけるアルゴン比率および前記第二の接合層におけるアルゴン比率よりも高いことを特徴とする、請求項1または2記載の接合体。
- [請求項4] 前記非晶質層におけるアルゴン比率と前記第一の接合層におけるアルゴン比率との差および前記非晶質層におけるアルゴン比率と前記第二の接合層におけるアルゴン比率との差が1原子%以上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] 前記支持基板の材質が、シリコン、サイアロン、サファイア、コーゼライト、ムライトおよびアルミナからなる群より選ばれることを特徴とする、請求項1～4のいずれか一つの請求項に記載の接合体。
- [請求項6] 前記圧電性材料基板の材質が、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体からなる群

より選ばれることを特徴とする、請求項1～5のいずれか一つの請求項に記載の接合体。

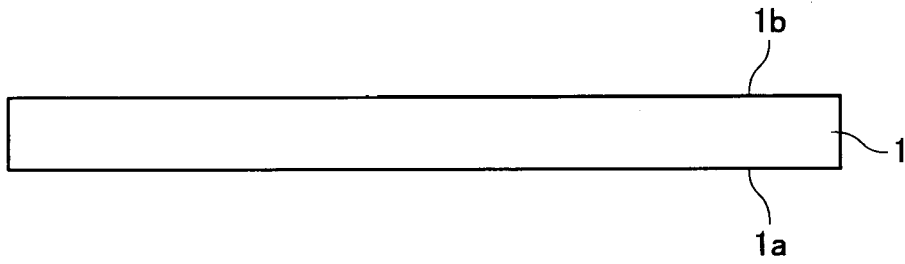
[請求項7] 前記支持基板と前記第一の接合層との間に設けられた中間層を有することを特徴とする、請求項1～6のいずれか一つの請求項に記載の接合体。

[請求項8] 前記圧電性材料基板と前記第二の接合層との間に設けられた中間層を有す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。

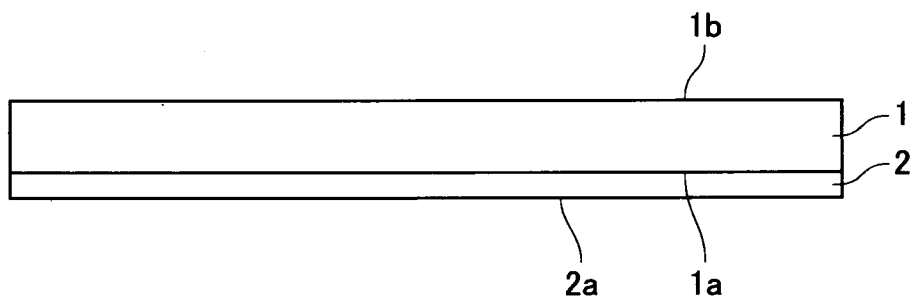
[請求項9] 請求項1～8のいずれか一つの請求項に記載の接合体、および前記圧電性材料基板上に設けられた電極を備えていることを特徴とする、弾性波素子。

[図1]

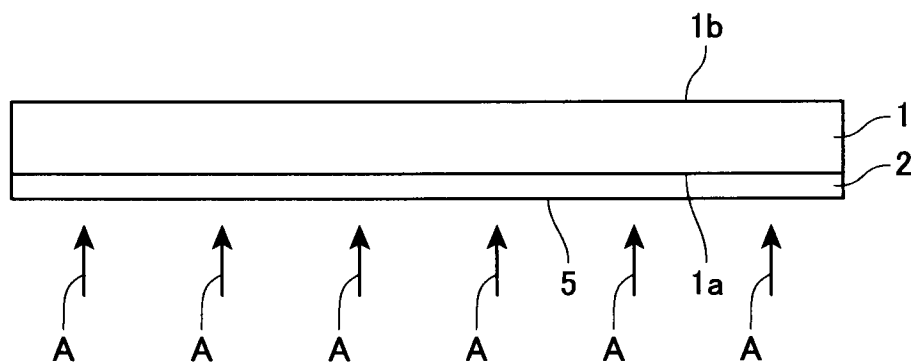
(a)



(b)

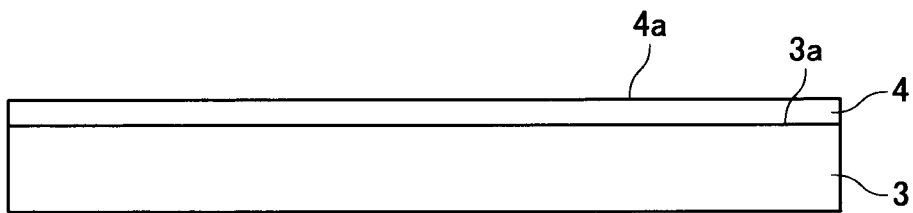


(c)

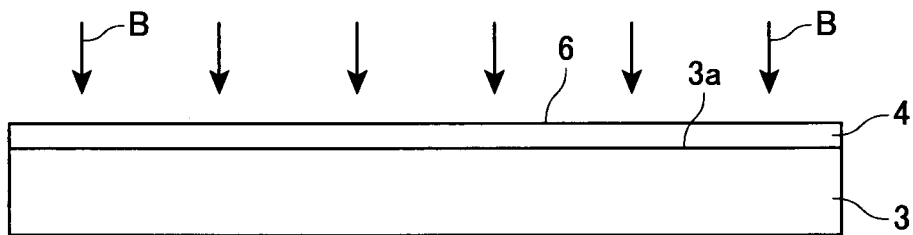


[図2]

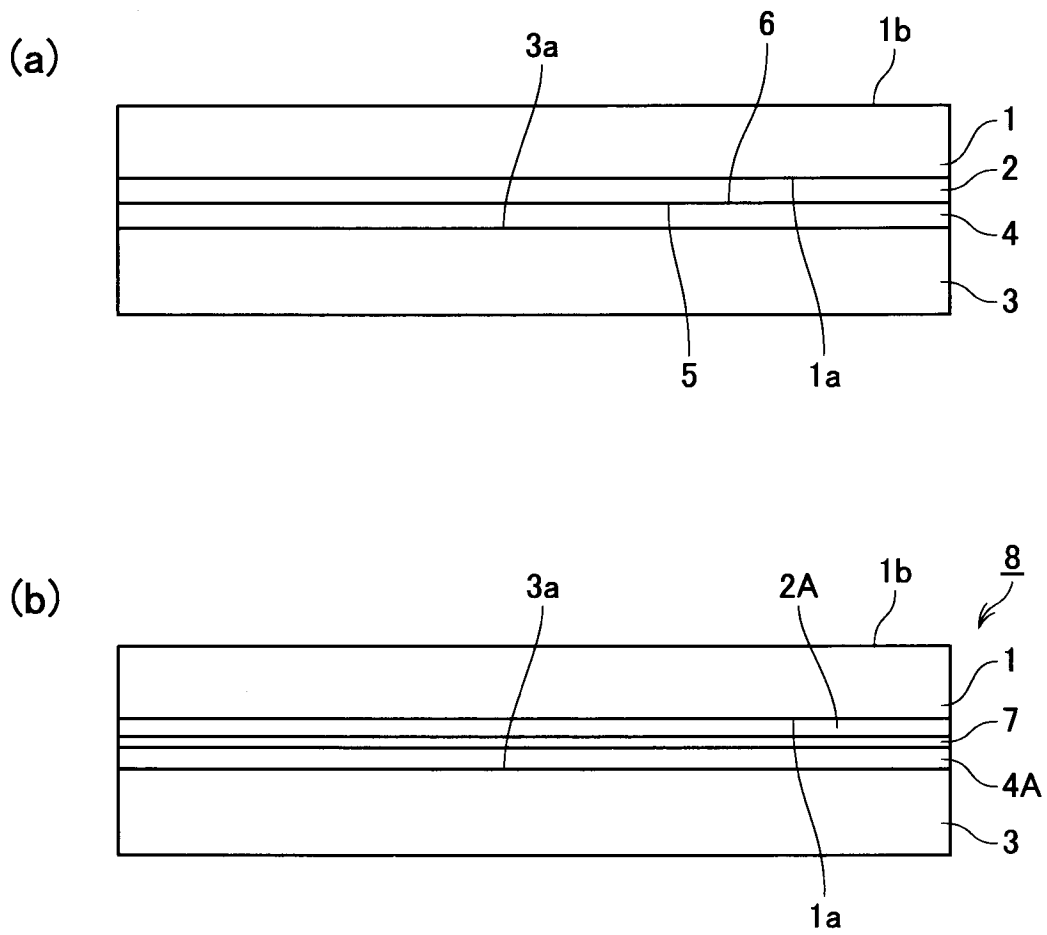
(a)



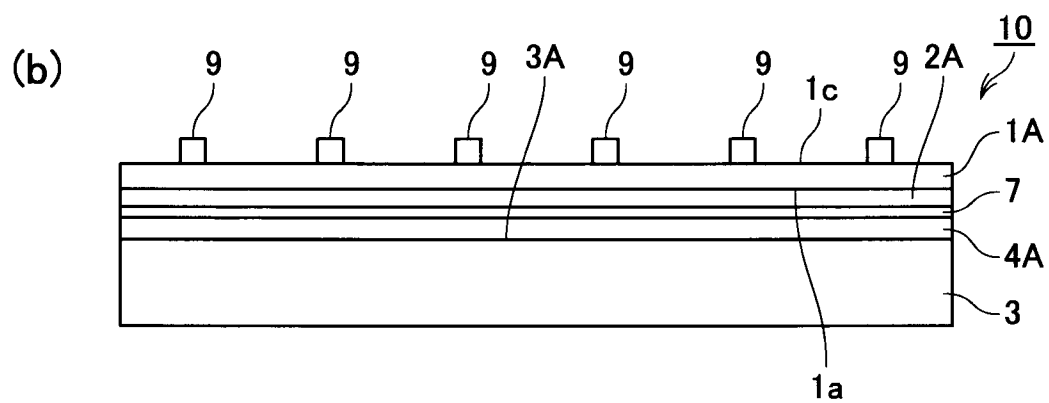
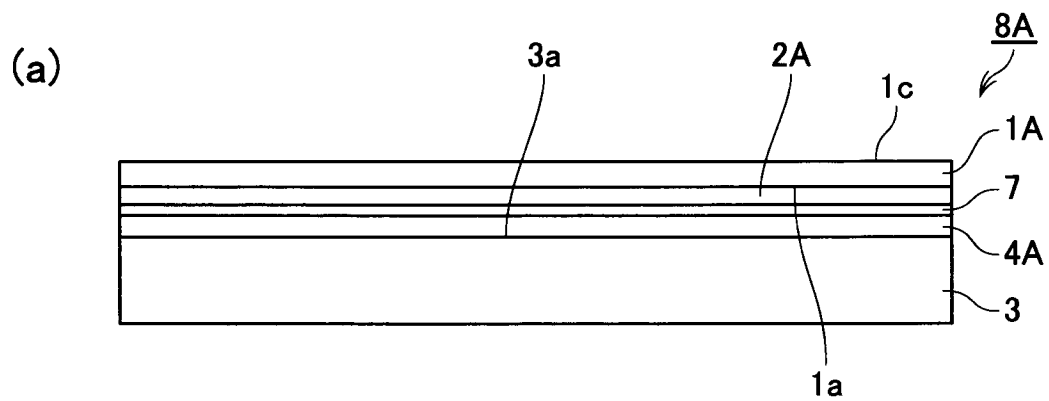
(b)



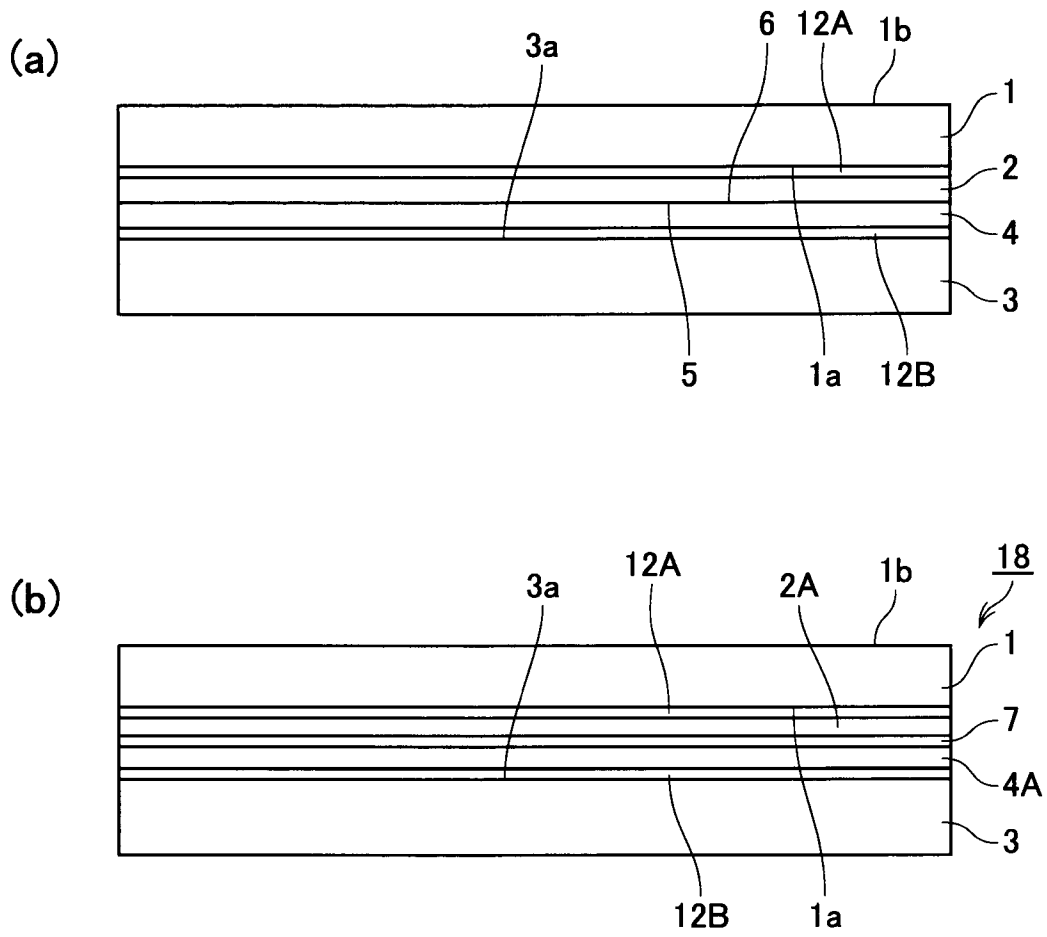
[図3]



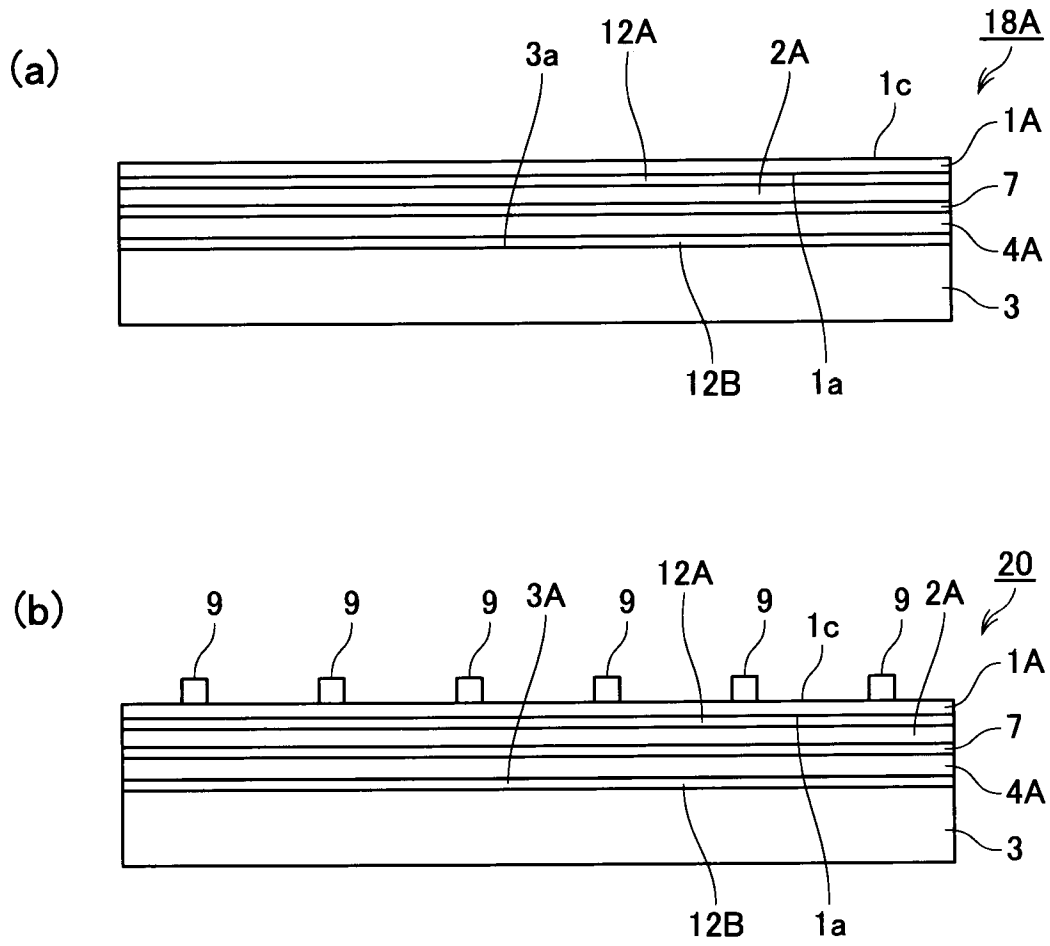
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2019/033130
--

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. 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)
Int.Cl. H03H9/25

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
Y A	JP 2004-343359 A (FUJITSU MEDIA DEVICES LTD.) 02 December 2004, paragraphs [0035]-[0041], [0057]-[0059], fig. 1, 2, 7 & US 2004/0226162 A1, paragraphs [0049]-[0055], [0071]-[0073], fig. 1, 2, 7	1, 5-9 2-4
Y A	WO 2018/180827 A1 (NGK INSULATORS LTD.) 04 October 2018, paragraphs [0016]-[0028], [0061], fig. 1-3 & US 2019/0007022 A1, paragraphs [0026]-[0041], [0088], fig. 1-3 & TW 201840128 A	1, 5-9 2-4

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 12.09.2019	Date of mailing of the international search report 01.10.2019
---	--

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/JP2019/033130

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 2017/134980 A1 (SHIN ETSU CHEMICAL CO., LTD.) 10 August 2017, entire text, all drawings & US 2019/0036505 A1 & CN 108702141 A	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. 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. 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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
Y A	JP 2004-343359 A（富士通メディアデバイス株式会社） 2004.12.02, 段落[0035]-[0041], [0057]-[0059], 図1-2, 7 & US 2004/0226162 A1, [0049]-[0055], [0071]-[0073], 図1-2, 7	1, 5-9 2-4
Y A	WO 2018/180827 A1（日本碍子株式会社）2018.10.04, 段落[0016]-[0028], [0061], 図1-3 & US 2019/0007022 A1, [0026]-[0041], [0088], 図1-3 & TW 201840128 A	1, 5-9 2-4

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 12.09.2019	国際調査報告の発送日 01.10.2019
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） 竹内 亨 電話番号 03-3581-1101 内線 3576
	5W 8388

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	WO 2017/134980 A1 ((信越化学工業株式会社) 2017.08.10, 全文、全図 & US 2019/0036505 A1 & CN 108702141 A	1-9