(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
2019年7月4日(04.07.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/130857 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 9/25 (2006.01)
B32B 9/00 (2006.01)
C30B 29/30 (2006.01)
C30B 33/06 (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)
H01L 41/053 (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01)
H01L 41/187 (2006.01)
H01L 41/31 (2013.01)
H01L 41/337 (2013.01)
H03H 3/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/041798

(22) 国際出願日： 2018年11月12日(12.11.2018)

(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 2017-252831 2017年12月28日(28.12.2017) 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).

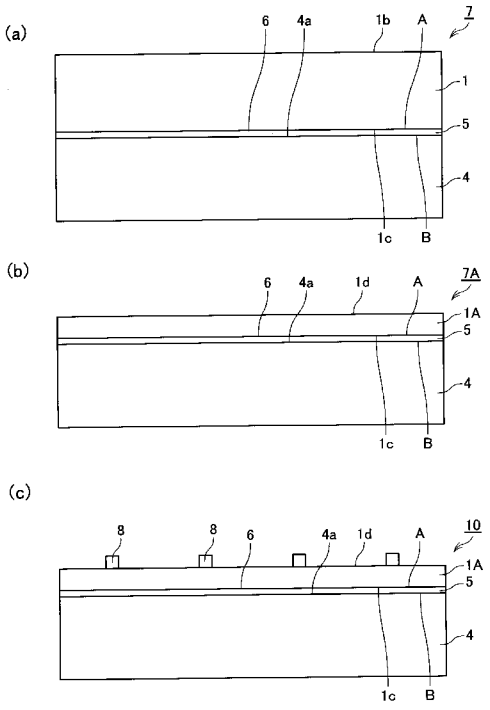
(72) 発明者:堀 裕二(**HORI Yuji**); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 山寺 喬紘(**YAMADERA Takahiro**); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 高垣 達朗(**TAKAGAKI Tatsuro**); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(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,

(54) **Title:** ASSEMBLY OF PIEZOELECTRIC MATERIAL SUBSTRATE AND SUPPORT SUBSTRATE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SAID ASSEMBLY

(54) 発明の名称： 圧電性材料基板と支持基板との接合体およびその製造方法



(57) **Abstract:** [Problem] To suppress characteristic deterioration of an assembly when joining a piezoelectric material substrate consisting of a material selected from the group consisting of lithium niobate, lithium tantalate, and lithium niobate-lithium tantalate, and a support substrate on which a silicon oxide layer is provided. [Solution] Assemblies 7, 7A comprise: a support substrate 4; a silicon oxide layer 5 provided on the support substrate 4; and piezoelectric material substrates 1, 1A consisting of a material selected from the group consisting of lithium niobate, lithium tantalate, and lithium niobate-lithium tantalate provided on the silicon oxide layer 5. The nitrogen concentration in an interface A between the piezoelectric material substrates 1, 1A and the silicon oxide layer 5 is higher than the nitrogen concentration in the interface between the silicon oxide layer 5 and the support substrate 1.

WO 2019/130857 A1

[続葉有]

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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約:【課題】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ータンタル酸リチウムからなる群より選ばれた材質からなる圧電性材料基板と、酸化珪素層が設けられた支持基板とを接合するのに際して、接合体の特性劣化を抑制する。【解決手段】接合体７、７Ａは、支持基板４、支持基板４上に設けられた酸化珪素層５、および酸化珪素層５上に設けられたニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムータンタル酸リチウムからなる群より選ばれた材質からなる圧電性材料基板１、１Ａを備える。圧電性材料基板１、１Ａと酸化珪素層５との界面Ａにおける窒素濃度が、酸化珪素層５と前記支持基板１との界面における窒素濃度よりも高い。

明　細　書

発明の名称 ：

圧電性材料基板と支持基板との接合体およびその製造方法

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、弾性波素子およびその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 高性能な半導体素子を実現する目的で、高抵抗Si/SiO_2薄膜/Si薄膜からなるＳＯＩ基板が広く用いられている。ＳＯＩ基板を実現するにあたりプラズマ活性化が用いられる。これは比較的低温(４００℃)で接合できるためである。圧電デバイスの特性向上を狙い、類似のSi/SiO_2薄膜/圧電薄膜からなる複合基板が提案されている(特許文献１)。特許文献１では、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムからなる圧電性材料基板と、酸化珪素層を設けたシリコン基板とをイオン注入法によって活性化した後に接合する。

[0003] 接合界面に単一または複数の誘電膜を形成する多層構造のフィルターも提案されている(特許文献２)。

しかし、タンタル酸リチウム／酸化珪素／珪素の構造を実現するための接合技術に関する公知情報はほとんどない

[0004] 特許文献３には、タンタル酸リチウムとサファイアやセラミックスとを、酸化珪素層を介してプラズマ活性化法により接合することが記載されている。

[0005] 非特許文献１には、タンタル酸リチウム基板と、酸化珪素層を設けたシリコン基板とを、O_2のRIE(13.56MHz)プラズマとN_2のmicrowave(2.45GHz)プラズマを続けざまに照射することで接合することが記載されている。

[0006] SiとSiO_2/Siのプラズマ活性化接合においては、その接合界面でSi-O-Si結合が形成されることで十分な接合強度が得られる。また同時にSiがSiO_2に酸化されることで平滑度が向上し、最表面で上記接合が促進される(非特許文献２)

。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1：ECS Transactions, 3 (6) 91-98 (2006)

非特許文献2：J. Applied Physics 113, 094905 (2013)

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2016-225537

特許文献2：特許第5910763号

特許文献3：特許第3774782号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかし、先行文献の通り、イオン注入により、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウム基板を薄くすることで圧電素子を作製した場合には、特性が低いという問題があった。これは、イオン注入時のダメージにより結晶性が劣化することに起因すると考えられる。

[0010] 一方、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムなどの圧電性材料基板をシリコン基板上の酸化珪素層に接合した後に、圧電性材料基板を研磨することで薄くする場合には、加工変質層をＣＭＰにより取り除くことができるので、素子特性は劣化しない。しかし、研磨加工によって圧電性材料基板の厚さを小さくしていくと、得られた接合体の特性が劣化することがあった。特に接合体を弾性波素子として用いる場合、弾性波素子としての特性、特に共振周波数ｆｓでのアドミタンスと反共振周波数ｆｒでのアドミタンスとの比率（アドミタンス比）が低下することがわかった。圧電性材料基板の厚さが４．０μｍ以下、更には３．０μｍ以下（特には２．０μｍ以下）となると、この低下傾向が一層顕著になった。

[0011] 本発明の課題は、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からなる群より選ばれた材質からなる圧電性

材料基板と、酸化珪素層が設けられた支持基板とを接合するのに際して、接合体の特性劣化を抑制できるようにすることである。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明に係る接合体は、

支持基板、

前記支持基板上に設けられた酸化珪素層、および

前記酸化珪素層上に設けられた、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からなる群より選ばれた材質からなる圧電性材料基板を備えた接合体であって、

前記圧電性材料基板と前記酸化珪素層との界面における窒素濃度が、前記酸化珪素層と前記支持基板との界面における窒素濃度よりも高いことを特徴とする。

[0013] また、本発明は、前記接合体、および前記圧電性材料基板上に設けられた電極を備えることを特徴とする、弾性波素子に係るものである。

[0014] また、本発明は、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からなる群より選ばれた材質からなる圧電性材料基板と、酸化珪素層が設けられた支持基板とを接合する方法であって、

前記圧電性材料基板の接合面に対して１５０℃以下で窒素プラズマを照射して活性化した後で、前記圧電性材料基板の前記接合面を前記酸化珪素層の接合面に対して接合することを特徴とする。

[0015] また、本発明は、前記方法によって前記接合体を得た後、前記圧電性材料基板上に電極を設けることを特徴とする、弾性波素子の製造方法に係るものである。

発明の効果

[0016] 本発明者は、ニオブ酸リチウム等からなる圧電性材料基板と、酸化珪素層が設けられた支持基板とを直接接合するのに際して、接合体の特性が劣化する理由を検討した。特に、共振周波数ｆｓでのアドミタンスと反共振周波数ｆｒでのアドミタンスとの比率（アドミタンス比）が低下する理由について

詳しく検討した。この結果、以下の知見を得た。

[0017] すなわち、ＳｉとＳｉＯ$_2$／Ｓｉとを例えばプラズマ活性化接合すると、接合界面に沿ってＳｉ－Ｏ－Ｓｉ結合が形成されることで、十分に高い接合強度が得られる。また、同時にＳｉがＳｉＯ$_2$に酸化されることで平滑度が向上し、最表面で上記接合が促進される（非特許文献２：J. Applied Physics 113, 094905 (2013)）。

[0018] これに対して、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムを、酸化珪素層が設けられた支持基板に直接接合する場合には、接合界面に沿って、Ｔａ（Ｎｂ）－Ｏ－Ｓｉ結合が形成されることで、接合が行われる。しかし、ＳｉＯ$_2$／Ｓｉの最表面におけるＳｉ原子の密度は６．８個／Å^{2}である。これに対して、圧電性材料基板の最表面におけるＴａ（Ｎｂ）原子の密度は、異方性結晶であるためにカット角に依存するが、例えば４．３個／Å^{2}以下であり、最表面における原子密度が低い。更に、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムは、シリコンと違って酸化により平滑化する機構もないので、十分に高い接合強度が得られなかったものと考えられる。

[0019] この結果、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムからなる圧電性材料基板とＳｉＯ$_2$／Ｓｉとを直接接合した後に、圧電性材料基板を加工する場合には、圧電性材料基板が薄くなると剪断力が酸化珪素層および支持基板の酸化珪素層側領域に加わり、結晶性の劣化を招いたものと考えられた。

[0020] 本発明者は、こうした仮説に立脚し、圧電性材料基板と酸化珪素層との接合界面に沿って、窒素濃度が相対的に高い部分を設けることを試みた。この結果、酸化珪素層や支持基板の酸化珪素層側領域における結晶性の劣化に起因する特性低下を抑制できることを見いだし、本発明に到達した。

[0021] 更に、圧電性材料基板の接合面に対して１５０℃以下で窒素プラズマを照射して活性化した後で、圧電性材料基板の接合面を酸化珪素層の接合面に対して接合することで、圧電性材料基板と酸化珪素層との界面に沿って窒素濃度の相対的に高い領域を生成させ易いことを見いだした。

図面の簡単な説明

[0022] [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の接合面を活性化して活性化面１ｃを生じさせている状態を示す。

[図2]（ａ）は、支持基板４の表面に酸化珪素層５を形成した状態を示し、（ｂ）は、酸化珪素層５を表面活性化した状態を示す。

[図3]（ａ）は、圧電性材料基板１と支持基板４上の酸化珪素層５とを直接接合して得られた接合体７を示し、（ｂ）は、接合体７Ａの圧電性材料基板１Ａを研磨して薄くした状態を示し、（ｃ）は、弾性波素子を示す。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、適宜図面を参照しつつ、本発明を詳細に説明する。

まず、図１（ａ）に示すように、一対の主面１ａ、１ｂを有する圧電性材料基板１を準備する。本例では１ａを接合面とする。次いで、図１（ｂ）に示すように、圧電性材料基板１の接合面１ａに対して矢印Ｃのようにプラズマを照射し、表面活性化された接合面１ｃを得る。

[0024] 一方、図２（ａ）に示すように、支持基板４の表面４ａに酸化珪素層５を形成する。次いで、図２（ｂ）に示すように、酸化珪素層５の表面５ａに対して矢印Ｃのようにプラズマを照射することによって表面活性化し、活性化された接合面６を形成する。

[0025] 次いで、図３（ａ）に示すように、圧電性材料基板１上の活性化された接合面１ｃと、支持基板４上の酸化珪素層５の活性化された接合面６とを接触させ、直接接合し、接合体７を得る。この状態で、圧電性材料基板１上に電極を設けても良い。しかし、好ましくは、図３（ｂ）に示すように、圧電性材料基板１の主面１ｂを加工して基板１を薄くし、薄板化された圧電性材料基板１Ａを得る。１ｄは加工面である。次いで、図３（ｃ）に示すように、接合体７Ａの圧電性材料基板１Ａの加工面１ｄ上に所定の電極８を形成し、弾性波素子１０を得ることができる。

[0026] ここで、本発明においては、圧電性材料基板１（１Ａ）と酸化珪素層５との界面Ａにおける窒素濃度ＮＡ（図３参照）が、酸化珪素層５と支持基板４との界面Ｂにおける窒素濃度ＮＢよりも高い。これは、界面Ａに沿って窒素

濃度が相対的に高い領域があることを意味している。界面Ａに窒素濃度の高い領域が存在する場合には、通常は酸化珪素層５中にも窒素が拡散しているが、酸化珪素層５中では窒素濃度勾配があり、界面Ｂでは相対的に窒素濃度が低くなっている。但し、本発明はこれに限定されず、酸化珪素層５中の窒素濃度勾配がなく一定だとしても、圧電性材料基板１（１Ａ）と酸化珪素層５との界面Ａにおける窒素濃度ＮＡが、酸化珪素層５と支持基板４との界面Ｂにおける窒素濃度ＮＢよりも高ければ、本発明に含まれる。

[0027] ここで、圧電性材料基板１（１Ａ）と酸化珪素層５との界面Ａにおける窒素濃度ＮＡの、酸化珪素層５と支持基板４との界面Ｂにおける窒素濃度ＮＢに対する比率（ＮＡ／ＮＢ）は、１０以上であることが好ましく、１００以上であることが更に好ましい。また、比率（ＮＡ／ＮＢ）は、実際上は１０００以下であることが好ましい。

[0028] 好適な実施形態においては、圧電性材料基板１（１Ａ）と酸化珪素層５との界面Ａにおける窒素濃度ＮＡが１Ｅ１９～１Ｅ２１（1×10^{19}～1×10^{21}）atoms/cm^3であり、更に好ましくは５Ｅ１９～５Ｅ２０（5×10^{19}～5×10^{20}）である。また、酸化珪素層５と支持基板４との界面Ｂにおける窒素濃度ＮＢは、１Ｅ１９（1×10^{19}）以下であることが好ましく、７Ｅ１８（7×10^{18}）以下であることが更に好ましい。

[0029] 好適な実施形態においては、圧電性材料基板と酸化珪素層との界面Ａにおける炭素濃度ＣＡが、酸化珪素層と支持基板との界面Ｂにおける炭素濃度ＣＢよりも高い。また、圧電性材料基板１（１Ａ）と酸化珪素層５との界面Ａにおける炭素ＣＡの、酸化珪素層５と支持基板４との界面Ｂにおける炭素濃度ＣＢに対する比率（ＣＡ／ＣＢ）は、１００以上であることが好ましく、１０００以上であることが更に好ましい。また、比率（ＣＡ／ＣＢ）は、実際上は、１０００以下であることが好ましい。

[0030] また、好適な実施形態においては、圧電性材料基板１（１Ａ）と酸化珪素層５との界面Ａにおける炭素濃度ＣＡが、１Ｅ２０～３Ｅ２１（1×10^{20}～3×10^{21}）atoms/cm^3であることが更に好ましい。また、酸化珪素層５と

支持基板４との界面Ｂにおける炭素濃度ＣＢは、１Ｅ１８（１×１０^{18}）atoms/cm^{3}以下であることが好ましい。

[0031] 好適な実施形態においては、圧電性材料基板と酸化珪素層との界面Ａにおけるフッ素濃度ＦＡが、酸化珪素層と支持基板との界面Ｂにおけるフッ素濃度ＦＢよりも高い。また、圧電性材料基板１（１Ａ）と酸化珪素層５との界面Ａにおけるフッ素濃度ＦＡの、酸化珪素層５と支持基板４との界面Ｂにおけるフッ素濃度ＦＢに対する比率（ＦＡ／ＦＢ）は、５以上であることが好ましく、５０以上であることが更に好ましい。また、比率（ＦＡ／ＦＢ）は、実際上は、５００以下であることが好ましい。

[0032] また、圧電性材料基板１（１Ａ）と酸化珪素層５との界面Ａにおけるフッ素ＦＡは１Ｅ１９～３Ｅ２０（１×１０^{19}～３×１０^{20}）atoms/cm^{3}であることが好ましい。また、酸化珪素層５と支持基板４との界面Ｂにおけるフッ素濃度ＦＢは、５Ｅ１８（５×１０^{18}）atoms/cm^{3}以下であることが好ましい。

[0033] 以下、本発明の各構成要素について順次述べる。

支持基板４の材質は特に限定されないが、好ましくは、シリコン、水晶、サイアロン、ムライト、サファイアおよび透光性アルミナからなる群より選ばれた材質からなる。これによって、弾性波素子１０の周波数の温度特性を一層改善することができる。

[0034] 支持基板４上には酸化珪素層５を形成する。この酸化珪素層５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。好ましくは支持基板４がシリコン基板であり、この場合にはシリコン基板表面への酸素のスパッタリングやイオン注入、酸化雰囲気下での加熱によって酸化珪素層５を形成できる。

[0035] 酸化珪素層５の厚さは、本発明の観点からは、０．０５μｍ以上であることが好ましく、０．１μｍ以上であることが更に好ましく、０．２μｍ以上であることが特に好ましい。また、酸化珪素層５の厚さは、３μｍ以下であることが好ましく、２．５μｍ以下が好ましく、２．０μｍ以下が更に好ましい。

[0036] 本発明で用いる圧電性材料基板１（１Ａ）は、タンタル酸リチウム（ＬＴ）単結晶、ニオブ酸リチウム（ＬＮ）単結晶、ニオブ酸リチウムータンタル酸リチウム固溶体とする。これらは弾性波の伝搬速度が速く、電気機械結合係数が大きいため、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。

[0037] また、圧電性材料基板１（１Ａ）の主面の法線方向は、特に限定されないが、例えば、圧電性材料基板１（１Ａ）がＬＴ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３２～５０°回転した方向のもの、オイラー角表示で(１８０°，５８～４０°，１８０°）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（１Ａ）がＬＮからなるときには、（ア）弾性表面波の伝搬方向であるＸ軸を中心に、Z軸から-Y軸に37.8°回転した方向のもの、オイラー角表示で(０°，３７．８°，０°）を用いるのが電気機械結合係数が大きいため好ましい、または、（イ）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４０～６５°回転した方向のもの、オイラー角表示で(１８０°，５０～２５°，１８０°）を用いるのが高音速が得られるため、好ましい。更に、圧電性材料基板１（１Ａ）の大きさは、特に限定されないが、例えば、直径１００～２００ｍｍ，厚さが０．１５～１μｍである。

[0038] 次いで、圧電性材料基板１の接合面１ａに１５０℃以下でプラズマを照射し、接合面１ａを活性化させる。本発明の観点からは、窒素プラズマを照射することが好ましいが、酸素プラズマを照射した場合にも、本発明の接合体を得ることが可能である。

表面活性化時の圧力は、１００Ｐａ以下が好ましく、８０Ｐａ以下が更に好ましい。また、雰囲気は窒素のみであって良く、酸素のみであってよいが、窒素、酸素の混合物であってもよい。

[0039] プラズマ照射時の温度は１５０℃以下とする。これによって、接合強度が高く、かつ結晶性の劣化のない接合体７、７Ａが得られる。この観点から、プラズマ照射時の温度を１５０℃以下とするが、

１００℃以下とすることが更に好ましい。

[0040] また、プラズマ照射時のエネルギーは、３０～１５０Wが好ましい。また、プラズマ照射時のエネルギーと照射時間との積は、０．１２～１．０Whが好ましい。

[0041] 好適な実施形態においては、プラズマ処理前に、圧電性材料基板１の接合面１ａおよび酸化珪素層５の接合面５ａを平坦化加工する。各接合面１ａ、５ａ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≦1nmが好ましく、0.3nm以下にすると更に好ましい。

[0042] 酸化珪素層５の接合面５ａもプラズマ処理できる。この際には、酸素、窒素などのプラズマを利用できるが、窒素プラズマ、酸素プラズマが特に好ましい。また、プラズマ処理時の温度は、１５０℃以下が好ましく、１００℃以下が更に好ましい。

[0043] また、酸化珪素層５の接合面５ａ上へのプラズマ照射時の圧力は、１００Ｐａ以下が好ましく、８０Ｐａ以下が更に好ましい。この際のエネルギーは、３０～１５０Wが好ましい。また、プラズマ照射時のエネルギーと照射時間との積は、０．１２～１．０Whが好ましい。

[0044] 次いで、圧電性材料基板１の接合面１ｃと酸化珪素層５の接合面６とを接触させ、接合する。この後、アニール処理を行うことによって、接合強度を向上させることが好ましい。アニール処理時の温度は、１００℃以上、３００℃以下が好ましい。

[0045] 本発明の接合体７、７Ａは、弾性波素子１０に対して好適に利用できる。

弾性波素子１０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１、１Ａの表面に、弾性表面波を励振する入力側のＩＤＴ（Interdigital Transducer）電極（櫛形電極、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１、１Ａ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。

[0046] 圧電性材料基板１、１Ａ上の電極８を構成する材質は、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、金が好ましく、アルミニウムまたはアルミニウム合金がさらに好ましい。アルミニウム合金は、ＡＩに0.3から5重量％のＣｕを混ぜたものを使用するのが好ましい。この場合、ＣｕのかわりにＴｉ、Ｍｇ、Ｎｉ、Ｍｏ、Ｔａを使用しても良い。

実施例

[0047]（実施例Ａ１）

図１～図３を参照しつつ説明した方法に従い、図３（ｃ）に示す弾性波素子１０を作製した。

[0048] 具体的には、厚さが２００μｍで両面が鏡面に研磨されている42Yカット X伝搬$LiTaO_3$基板（圧電性材料基板）１と、厚みが６７５μｍの高抵抗(>2kΩ・cm)Ｓｉ（１００）基板（支持基板）４を用意した。基板サイズはいずれも150ｍｍである。支持基板４上には、スパッタリング法により、酸化珪素層５を５００ｎｍの厚さで成膜した。成膜後の酸化珪素層５の表面粗さＲａが０．６ｎｍであったため、表面をＣＭＰ（化学機械的研磨）でわずかに研磨し、Ｒａを０．３ｎｍまで改善した。

[0049] 次いで、圧電性材料基板１の接合面１ａおよび支持基板４上の酸化珪素層５の接合面５ａをそれぞれ洗浄および表面活性化した。具体的には、純水を用いた超音波洗浄を実施し、スピンドライにより基板表面を乾燥させた。次いで、洗浄後の支持基板４をプラズマ活性化チャンバーに導入し、窒素ガスプラズマで３０℃で接合面５ａを活性化した。また、圧電性材料基板１を同様にプラズマ活性化チャンバーに導入し、窒素ガスプラズマで３０℃で接合面１ａを表面活性化した。表面活性化時間は４０秒とし、エネルギーは１００Wとした。表面活性化中に付着したパーティクルを除去する目的で、上述と同じ超音波洗浄、スピンドライを再度実施した。

[0050] 次いで、各基板１、４の位置合わせを行い、室温で基板１、酸化珪素層５の活性化した接合面１ｃ、６同士を接触させた。圧電性材料基板１側を上にして接触させた。この結果、基板１と酸化珪素層５との密着が広がる様子（いわゆるボンディングウェーブ）が観測され、良好に予備接合が行われたことが確認できた。次いで、接合強度を増すことを目的に、接合体７を窒素雰囲気のオーブンに投入し、１２０℃で１０時間保持した。

[0051] 得られた接合体７について、各部分における窒素濃度、炭素濃度、フッ素濃度をSIMS法（2次イオン質量分析法）を用いて測定した。SIMS測定装置として、CAMECA IMS-7fを用い、一次イオン種としてCs^+で、一次加速電圧は15.0kVで行った。検出領域は、30μｍφとした。測定結果を表１に示す。

[0052] 加熱後の接合体７の圧電性材料基板１の表面１ｂを研削加工、ラップ加工、およびＣＭＰ加工に供し、圧電性材料基板１Ａの厚さが１６、８、４、２、１μｍとなるようにした。圧電性材料基板１Ａの厚みは、光干渉を用いた光学式測定機（Filmetrix社製　F20）により測定した。研磨された圧電性材料基板１Ａの表面１ｄに、フォトリソグラフィープロセスでアルミニウム金属からなるIDT電極８を設けた。発振周波数が1000MHｚ程度になるよう、電極の周期λは4μmとした。IDT電極８の厚みは２００nmとし、２００対のIDT電極８の両側に８０対からなる反射器を設け、１ポートの弾性波素子１０（ＳＡＷ共振子）を作成した。作成された弾性波素子（ＳＡＷ共振子）１０のインピーダンス特性をAgilent社製ネットワークアナライザーE5071Cで測定した。その結果、１０００MHｚ付近(ｆｓ）に共振ピーク、１０５０MHzあたり（ｆｒ）に反共振のピークが観測された。共振周波数ｆｓでのアドミタンス値の反共振周波数ｆｒでのアドミタンス値に対する比率を測定した。この結果を表３に示す。

[0053] （実施例Ａ２）

実施例Ａ１において、窒素プラズマの代わりに窒素ガス８０％、酸素ガス２０％とした混合ガスのプラズマを用いた。ガス組成を変更するにあたり、RFの反射電力が最小となるようにマッチングは適宜変更した。その他は実施例

Ａ１と同様に実験を行った。

[0054] 実施例Ａ１と同様にして、得られた接合体７について、各部分における窒素濃度、炭素濃度、フッ素濃度を測定し、測定結果を表１に示す。また、実施例Ａ１と同様にして、圧電性材料基板１Ａの厚さが１６、８、４、２、１μｍとなるように加工し、共振周波数ｆｓでのアドミタンス値の反共振周波数ｆｒでのアドミタンス値に対する比率を測定した。この結果を表３に示す。

[0055] （比較例Ａ１）

実施例Ａ１と同様にして、各接合体７、７Ａおよび弾性波素子１０（ＳＡＷ素子）を作成し、実施例Ａ１と同様の測定を行った。ただし、酸化珪素層５は圧電性材料基板１上に成膜し、支持基板４側には成膜しなかった。また、酸化珪素層５の表面活性化と支持基板４の表面活性化を行い、酸化珪素層５と支持基板４の活性化面を窒素プラズマ照射によって直接接合した。

[0056] 得られた接合体について、各部分における窒素濃度、炭素濃度、フッ素濃度を測定し、測定結果を表２に示す。また、実施例Ａ１と同様にして、圧電性材料基板の厚さが１６、８、４、２、１μｍとなるように加工し、共振周波数ｆｓでのアドミタンス値の反共振周波数ｆｒでのアドミタンス値に対する比率を測定した。この結果を表３に示す。

[0057]

[表1]

	測定部位	窒素濃度 atoms／cm^3	炭素濃度 atoms／cm^3	弗素濃度 atoms／cm^3
実施例Ａ１	圧電性材料基板と酸化珪素層との界面	3.1E20	5.7E20	8.7E19
	酸化珪素層中の平均値	1.3E19	9.6E18	1.6E18
	支持基板と酸化珪素層との界面	1.5E19	3.0E17	1.1E18
実施例Ａ２	圧電性材料基板と酸化珪素層との界面	6.4E19	1.2E20	2.4E19
	酸化珪素層中の平均値	7.8E18	3.6E17	1.2E18
	支持基板と酸化珪素層との界面	8.2E18	5.5E17	8.5E18

[0058]

[表2]

	測定部位	窒素濃度 atoms／cm^3	炭素濃度 atoms／cm^3	弗素濃度 atoms／cm^3
比較例Ａ１	圧電性材料基板と酸化珪素層との界面	9.9E18	7.2E17	4.4E18
	酸化珪素層中の平均値	7.6E18	1.2E17	8.7E17
	支持基板と酸化珪素層との界面	1.7E20	1.4E20	2.1E19

[0059] [表3]

アドミタンス値の比率（ｄＢ）

加工後の圧電性材料基板の厚さ（μｍ）	実施例Ａ１	実施例Ａ２	比較例Ａ１
１６．０	42.5	44.0	43.3
８．０	40.7	42.5	42.8
４．０	43.3	42.2	40.0
２．０	44.3	45.1	39.3
１．０	46.5	44.9	35.8

[0060] 表３に示すように、本発明の接合体７、７Ａを用いた弾性波素子１０（ＳＡＷ素子）では、圧電性材料基板１Ａの厚さを２．０～１．０μｍと極めて薄く加工した場合にも、共振周波数ｆｓでのアドミタンス値の反共振周波数ｆｒでのアドミタンス値に対する比率は劣化せず、良好であった。一方、比較例の接合体では、圧電性材料基板１Ａの厚さが薄くなるのにつれて、共振周波数ｆｓでのアドミタンス値の反共振周波数ｆｒでのアドミタンス値に対する比率が劣化した。特に、比較例Ａ１の接合体では、圧電性材料基板１Ａの厚さを４．０μｍ以下まで加工すると、共振周波数ｆｓでのアドミタンス値の反共振周波数ｆｒでのアドミタンス値に対する比率がかなり劣化した。

[0061] （実施例Ｂ）

実施例Ａ１において、圧電性材料基板１、１Ａの材質を１２８YカットX伝搬ニオブ酸リチウムに変更した。この結果、実施例Ａ１と同様の結果が得られた。

BLANK PAGE RECEIVED AT IB

請求の範囲

[請求項1] 支持基板、

前記支持基板上に設けられた酸化珪素層、および

前記酸化珪素層上に設けられた、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からなる群より選ばれた材質からなる圧電性材料基板を備えた接合体であって、

前記圧電性材料基板と前記酸化珪素層との界面における窒素濃度が、前記酸化珪素層と前記支持基板との界面における窒素濃度よりも高いことを特徴とする、接合体。

[請求項2] 前記圧電性材料基板と前記酸化珪素層との前記界面における炭素濃度が、前記酸化珪素層と前記支持基板との前記界面における炭素濃度よりも高いことを特徴とする、請求項１記載の接合体。

[請求項3] 前記圧電性材料基板と前記酸化珪素層との前記界面におけるフッ素濃度が、前記酸化珪素層と前記支持基板との前記界面におけるフッ素濃度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] 前記圧電性材料基板の厚さが４．０μｍ以下であることを特徴とする、請求項１～３のいずれか一つの請求項に記載の接合体。

[請求項5] 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からなる群より選ばれた材質からなる圧電性材料基板と、酸化珪素層が設けられた支持基板とを接合する方法であって、

前記圧電性材料基板の接合面に対して１５０℃以下で窒素プラズマを照射して活性化した後で、前記圧電性材料基板の前記接合面を前記酸化珪素層の接合面に対して接合することを特徴とする、圧電性材料基板と支持基板との接合体の製造方法。

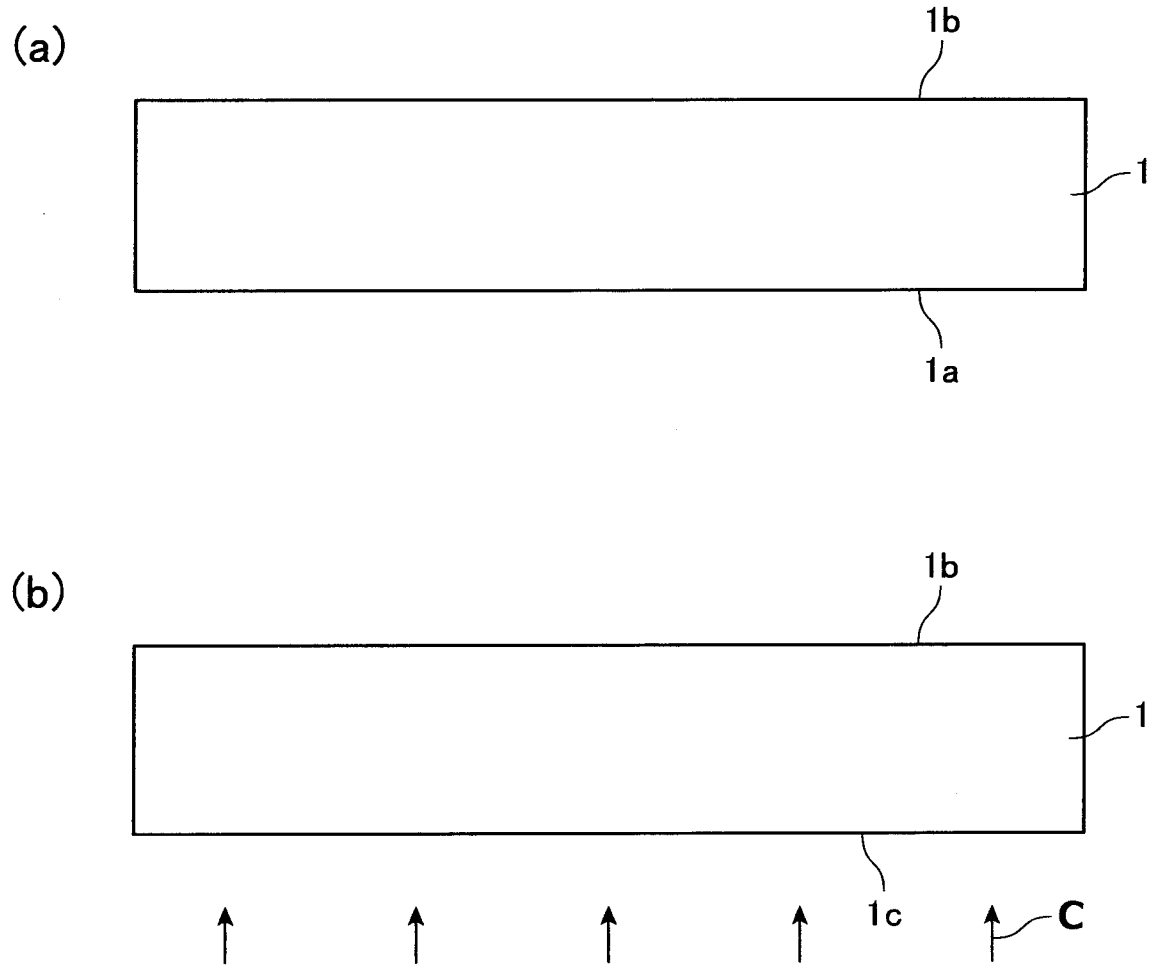
[請求項6] 前記酸化珪素層の前記接合面に対して１５０℃以下でプラズマを照射して活性化した後で、前記圧電性材料基板の前記接合面を前記酸化珪素層の前記接合面に対して接合することを特徴とする、請求項５記

載の方法。

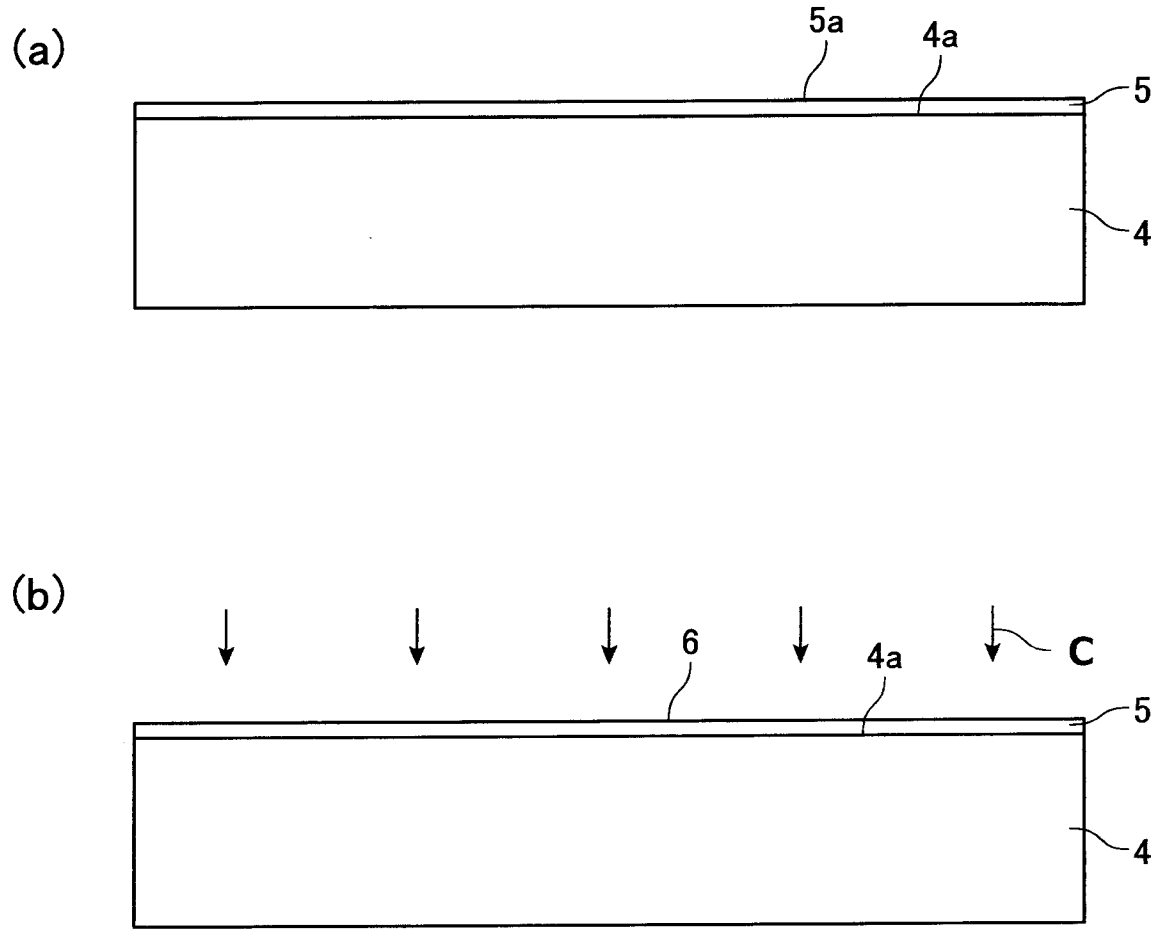
[請求項7] 前記圧電性材料基板の前記接合面を前記酸化珪素層の前記接合面に対して接合した後、前記圧電性材料基板の厚さを研磨によって小さくすることを特徴とする、請求項５または６記載の方法。

[請求項8] 前記圧電性材料基板の厚さを研磨によって４μｍ以下まで小さくすることを特徴とする、請求項７記載の方法。

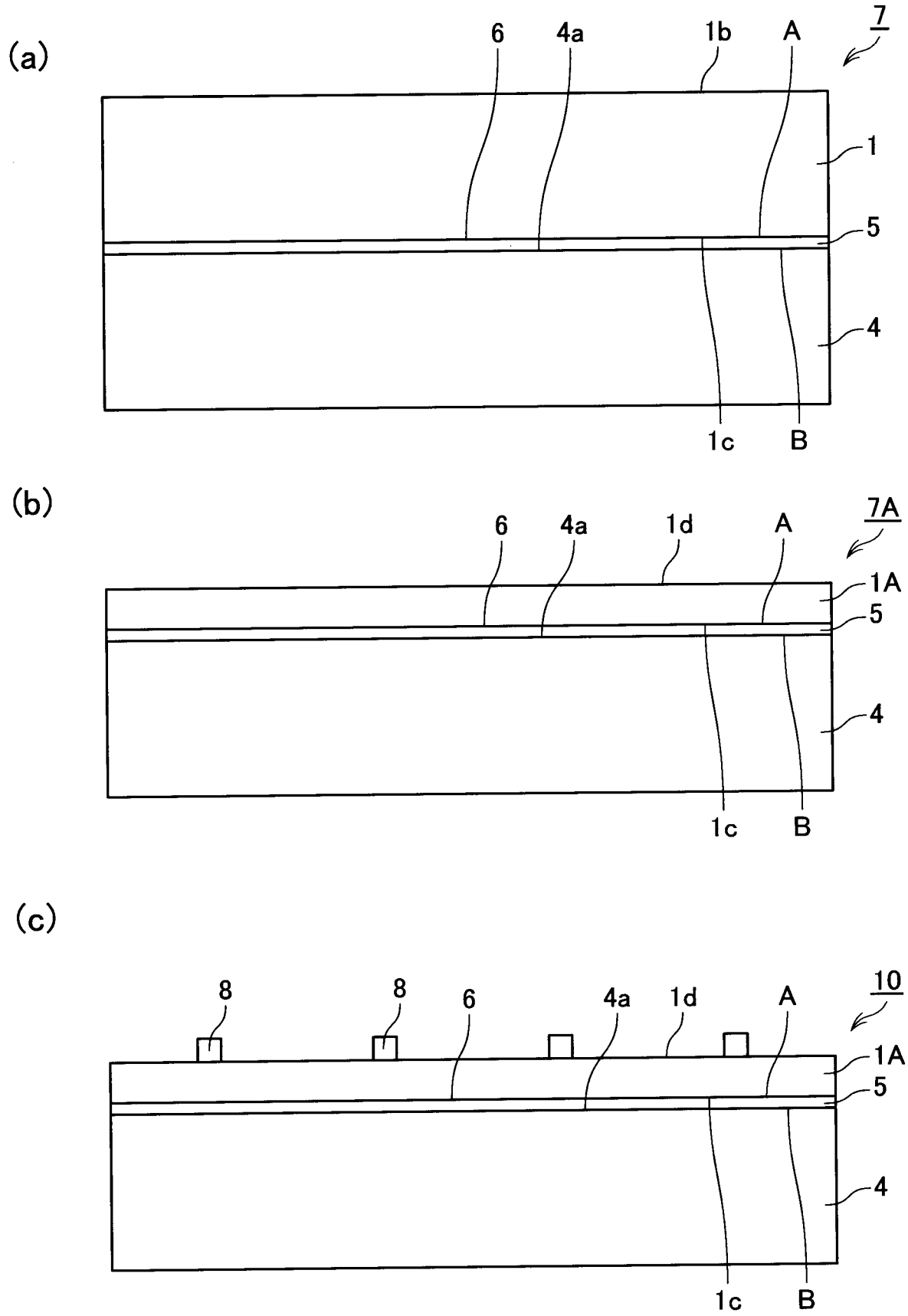
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/041798

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H03H9/25(2006.01)i, B32B9/00(2006.01)i, C30B29/30(2006.01)i, C30B33/06(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L41/053(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H01L41/31(2013.01)i, H01L41/337(2013.01)i, H03H3/08(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, B32B9/00, C30B29/30, C30B33/06, H01L21/02, H01L41/053, H01L41/09, H01L41/187, H01L41/31, H01L41/337, H03H3/08

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.
X A	WO 2017/163729 A1 (NGK INSULATORS LTD.) 28 September 2017, paragraphs [0005], [0018]-[0022], [0031], [0040]-[0043], [0068], fig. 1, 2 & KR 10-2018-0102615 A	1, 4-8 2-3
A	WO 2006/114922 A1 (SHIN ETSU CHEMICAL CO., LTD.) 02 November 2006, paragraphs [0080]-[0082] & JP 2006-304206 A	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	Date of mailing of the international search report
08.01.2019	22.01.2019
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/JP2018/041798

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2017-123576 A (TAIYO YUDEN CO., LTD.) 13 July 2017, paragraphs [0034]-[0038], fig. 7 & US 2017/0201232 A1, paragraphs [0036]-[0040], fig. 7A-7C	1-8
E, A	JP 2018-207355 A (NGK INSULATORS LTD.) 27 December 2018, paragraphs [0036]-[0040] (Family: none)	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０４１７９８

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, B32B9/00(2006.01)i, C30B29/30(2006.01)i, C30B33/06(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L41/053(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H01L41/31(2013.01)i, H01L41/337(2013.01)i, H03H3/08(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, B32B9/00, C30B29/30, C30B33/06, H01L21/02, H01L41/053, H01L41/09, H01L41/187, H01L41/31, H01L41/337, H03H3/08

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
X A	WO 2017/163729 A1 (日本碍子株式会社) 2017.09.28, [0005],[0018]-[0022],[0031],[0040]-[0043],[0068],図 1-図 2 & KR 10-2018-0102615 A	1,4-8 2-3
A	WO 2006/114922 A1 (信越化学工業株式会社) 2006.11.02, [0080]-[0082] & JP 2006-304206 A	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	国際調査報告の発送日
０８．０１．２０１９	２２．０１．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｗ　４８７７
▲高▼橋　徳浩
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	JP 2017-123576 A (太陽誘電株式会社) 2017.07.13, [0034]-[0038], 図 7 & US 2017/0201232 A1, [0036]-[0040], 図 7A-図 7C	1-8
E, A	JP 2018-207355 A (日本碍子株式会社) 2018.12.27, [0036]-[0040] (ファミリーなし)	1-8