

(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7月23日(23.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/148908 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 9/25 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/001551

(22) 国際出願日: 2019年1月18日(18.01.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜
四丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 長谷川 幹人 (HASEGAWA, Masato);
〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番
33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 山
中 佑一郎 (YAMANAKA, Yuichiro); 〒5410041
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 今
川 善浩 (IMAGAWA, Yoshihiro); 〒5410041 大
阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 齊藤
裕久 (SAITO, Hirohisa); 〒5410041 大阪府大阪
市中央区北浜四丁目5番33号 住友電
気工業株式会社内 Osaka (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).

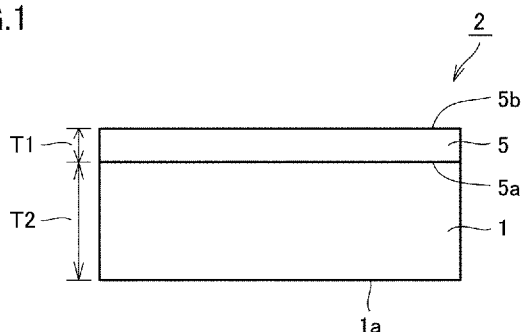
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
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,
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).

(54) Title: JOINED BODY AND SURFACE ELASTICITY WAVE DEVICE

(54) 発明の名称: 接合体及び表面弾性波デバイス

FIG.1



(57) Abstract: Provided is a joined body comprising a piezo-
electric substrate and a spinel polycrystalline substrate pro-
vided on one main face of the piezoelectric substrate, where-
in: T1/T2, which is the ratio of the average thickness T1 of
the piezoelectric substrate and the average thickness T2 of
the spinel polycrystalline substrate, is no more than 0.1; and,
said spinel polycrystalline substrate has a TTV of no more
than 1.5 μm for a main face thereof which contacts the piezo-
electric substrate.

(57) 要約: 圧電体基板と、前記圧電体基板の一方の
主面上に設けられたスピネル多結晶基板とを備え、
前記圧電体基板の平均厚み T1 と、前記スピネル
多結晶基板の平均厚み T2 との比である T1 / T
2 が 0.1 以下であり、前記スピネル多結晶基板
は、前記圧電体基板と接する主面において、TTV
が 1.5 μm 以下である、接合体である。

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：接合体及び表面弾性波デバイス

技術分野

[0001] 本開示は、接合体及び表面弾性波デバイスに関する。

背景技術

[0002] 携帯電話の内部には、電気信号のノイズをカットし、所望の周波数の電気信号のみを送受信するための、SAW (Surface Acoustic Wave、表面弾性波) フィルタと呼ばれる電子部品が組み込まれている。SAWフィルタには、圧電効果を有する材料からなる圧電体基板を用いる。

[0003] 圧電体基板の一方の表面には、透過周波数帯の波長に応じたピッチの楕形電極が形成されている。楕形電極に入力された電気信号により圧電体基板が応力を受けて変形し、ピッチに応じた弾性波が発生する。

[0004] SAWフィルタの透過周波数は楕形電極のピッチで決まる。楕形電極のピッチは周辺温度の変化による圧電体基板の膨張収縮により変化する。熱膨張による変化を抑制するため、圧電体基板の楕形電極の形成された表面とは反対側の表面には、高強度かつ低熱膨張である支持基板が貼り付けられている。

[0005] 特許文献1（特開2006-304206号公報）では、上記の支持基板として、シリコン基板を用いている。シリコンの熱膨張係数は、圧電体基板を形成するタンタル酸リチウム等の材料の熱膨張係数に比べて非常に小さい。従って、圧電体基板が熱により膨張すると、シリコンが割れてしまうおそれがある。

[0006] また、上記の支持基板として、サファイヤを用いる技術も提案されている。しかし、サファイヤは単結晶であり、硬度が高いため、小型化のために所望の形状に成形することが困難である。また、シリコンやサファイヤの単結晶基板は一般的に高価であり、より低コストの基板が求められていた。

[0007] そこで、特許文献2（特開2011-66818号公報）には、支持基板として、より低コストで適度な強度を有するスピネルを用いる技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2006-304206号公報

特許文献2：特開2011-66818号公報

発明の概要

[0009] [1] 本開示の一態様に係る接合体は、圧電体基板と、前記圧電体基板の一方の主面上に設けられたスピネル多結晶基板とを備え、

前記圧電体基板の平均厚み T_1 と、前記スピネル多結晶基板の平均厚み T_2 との比である T_1/T_2 が0.1以下であり、

前記スピネル多結晶基板は、前記圧電体基板と接する主面において、 TTV （Total Thickness Variation、全体厚みばらつき）が $1.5\mu\text{m}$ 以下である。

[0010] [2] 本開示の他の一態様に係る表面弾性波デバイスは、上記に記載の接合体と、

前記圧電体基板の前記スピネル多結晶基板の設けられた面とは反対側の主面上に設けられた電極とを備える、表面弾性波デバイスである。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本開示の一実施形態に係る接合体の模式的断面図である。

[図2]図2は、図1の接合体の主面上に電極が形成された接合基板の一例を示す斜視図である。

[図3]図3は、図2の接合基板をX-X線で切断した断面図である。

[図4]図4は、本開示の一実施形態に係る表面弾性波デバイスの模式的断面図である。

[図5]図5は、 TTV について説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0012] [本開示が解決しようとする課題]

本発明者らが特許文献1のスピネルからなる基板を用いた表面弾性波デバイスを作製してその性能を評価したところ、基板の強度は十分であるものの、周波数温度特性（TCF）にばらつきが生じる場合があることが確認された。

[0013] そこで、本目的は、スピネル多結晶基板を備え、ばらつきの小さい、優れた周波数温度特性を有する接合体、及び、該接合体を備える表面弾性波デバイスを提供することを目的とする。

[0014] [本開示の効果]

上記態様によれば、スピネル多結晶基板を備え、ばらつきの小さい、優れた周波数温度特性を有する接合体、及び、該接合体を備える表面弾性波デバイスを提供することが可能である。

[0015] [実施形態の概要]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

[0016] (1) 本開示の一態様に係る接合体は、圧電体基板と、前記圧電体基板の一方の主面上に設けられたスピネル多結晶基板とを備え、

前記圧電体基板の平均厚み T_1 と、前記スピネル多結晶基板の平均厚み T_2 との比である T_1/T_2 が0.1以下であり、

前記スピネル多結晶基板は、前記圧電体基板と接する主面において、 TTV が $1.5\mu m$ 以下である、接合体である。

[0017] 上記態様によれば、接合体は、スピネル多結晶基板を備え、ばらつきの小さい、優れた周波数温度特性を有することができる。ここで、本明細書において、周波数温度特性（TCF）とは、周囲温度の変化による周波数の変化を示す値（単位： $ppm/^\circ C$ ）である。 TCF の数値が小さい程、温度特性が良好であることを示す。また、本明細書において、 TTV とは、基板の裏面から該裏面と対向する面との距離の最大値と最小値との差を示す値である。例えば、図5に示されるスピネル多結晶基板51では、スピネル多結晶基

板 5 1 の裏面 1 a から該裏面 1 a と対向する面（対向面） 1 b との距離の最大値 L_1 と最小値 L_2 との差の値 L_3 が TTV に該当する。

[0018] (2) 前記 T_1 / T_2 が 0.0002 以上 0.1 以下であることが好ましい。これによつて、周波数温度特性のばらつきをより小さくすることができる。

[0019] (3) 前記 T_1 は、 $0.1 \mu m$ 以上 $25 \mu m$ 以下であり、
前記 T_2 は、 $100 \mu m$ 以上 $500 \mu m$ 以下であることが好ましい。

[0020] これによつて、圧電体基板は表面弾性波のロスを良好に抑制することができ、かつ、スピネル多結晶基板は圧電体基板の熱膨張を十分に抑制することができる。

[0021] (4) 前記圧電体基板は、タンタル酸リチウム又はニオブ酸リチウムからなることが好ましい。これによつて、圧電体基板の電気機械結合係数を高め、当該圧電体基板の周波数フィルタ特性を向上させることができる。

[0022] (5) 前記 T_1 及び前記 T_2 の合計厚みは、 $100.1 \mu m$ 以上 $525 \mu m$ 以下であり、

前記スピネル多結晶基板は、その主表面が、直径 $100 mm$ 以上 $200 mm$ 以下の円形、又は、前記円形にオリエンテーションフラットが形成された形状であり、

前記接合体は、その外表面の TTV が $10 \mu m$ 以下であることが好ましい。

[0023] これによつて、圧電体基板は表面弾性波のロスを良好に抑制することができ、かつ、接合体はよりばらつきの小さい、優れた周波数温度特性を有することができる。

[0024] (6) 本開示の他の一態様に係る表面弾性波デバイスは、上記に記載の接合体と、

前記圧電体基板の前記スピネル多結晶基板の設けられた面とは反対側の主面上に設けられた電極とを備える、表面弾性波デバイスである。

[0025] 上記態様によれば、表面弾性波デバイスは、ばらつきの小さい、優れた周

波数温度特性を有することができる。

[0026] [実施形態の詳細]

本開示の一実施形態に係る接合体及び表面弾性波デバイスの具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。本開示の図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表すものである。また、長さ、幅、厚み、深さ等の寸法関係は図面の明瞭化と簡略化のために適宜変更されており、必ずしも実際の寸法関係を表すものではない。

[0027] 本明細書において「A～B」という形式の表記は、範囲の上限下限（すなわちA以上B以下）を意味し、Aにおいて単位の記載がなく、Bにおいてのみ単位が記載されている場合、Aの単位とBの単位とは同じである。また、範囲の上限値がCであるとは、範囲の上限がC以下であることを意味し、範囲の下限値がDであるとは、範囲の下限がD以上であることを意味する。

[0028] [実施の形態1：接合体]

<接合体>

本実施形態に係る接合体について、図1を用いて説明する。図1に示されるように、本実施形態に係る接合体2は、圧電体基板5と、該圧電体基板5の一方の主面（以下、「第1の主面」とも記す。）5a上に設けられたスピネル多結晶基板1とを備える。該圧電体基板の平均厚みT1と、該スピネル多結晶基板の平均厚みT2との比である $T1/T2$ が0.1以下であり、該スピネル多結晶基板は、該圧電体基板と接する主面において、TTVが1.5 μm 以下である。

[0029] 本発明者らは、鋭意検討の結果、圧電体基板と、該圧電体基板の一方の主面上に設けられたスピネル多結晶基板とを備える接合体であって、該圧電体基板の平均厚みT1と、該スピネル多結晶基板の平均厚みT2との比である $T1/T2$ が0.1以下であり、スピネル多結晶基板は、該圧電体基板と接する主面において、TTVが1.5 μm 以下である接合体は、ばらつきの小さい、優れた周波数温度特性を有することができることを新たに見出した。この理由は明らかではないが、下記(i)及び(ii)の通りと推察される。

[0030] (i) 本実施形態に係る接合体において、 $T1/T2$ が0.1以下であり、圧電体基板の平均厚み $T1$ に対して、スピネル多結晶基板の平均厚み $T2$ が十分に大きい。このため、スピネル多結晶基板は、圧電体基板の熱膨張を十分に抑制することができ、接合体は、ばらつきの小さい、優れた周波数温度特性を有することができる。

[0031] (ii) 本実施形態に係る接合体において、スピネル多結晶基板は、圧電体基板と接する主面において、 TTV が $1.5\mu m$ 以下である。このため、スピネル多結晶基板は厚みが均一に保たれ、スピネル多結晶基板の全面に渡って、圧電体基板の熱膨張を十分に抑制することができる。よって、接合体は、ばらつきの小さい、優れた周波数温度特性を有することができる。

[0032] (形状)

接合体2の平均厚みは、 $100.1\mu m$ 以上 $525\mu m$ 以下が好ましく、 $200.1\mu m$ 以上 $510\mu m$ 以下がより好ましく、 $101\mu m$ 以上 $510\mu m$ 以下が更に好ましい。ここで、接合体の厚みは、接合体の主面の法線方向に平行な断面をデジタルマイクロメータで測定される値である。測定は一の断面において3箇所で行い、3箇所の平均値を接合体の平均厚みとする。

[0033] なお、出願人が測定した限りでは、同一の試料において測定する限りにおいては、接合体の平均厚みを観察断面の選択箇所を変更して複数回算出しても、算出結果のばらつきはほとんどなく、任意に観察断面を設定しても恣意的にはならないことが確認された。

[0034] なお、上記の接合体の主面とは、圧電体基板の表面5b及びスピネル多結晶基板の裏面1aを含むものであるが、本明細書中、接合体の主面とは、圧電体基板の表面5bを示すものとする。

[0035] 接合体2の主面の形状及び大きさは特に限定されず、表面弾性波デバイスの用途によって適宜調節することができる。ここで、接合体2の主面とは、圧電体基板5側の主面及びスピネル多結晶基板1側の主面の両方を含む。接合体2の主面は、例えば、円形であってもよいし、矩形であってもよい。接合体2の主面の形状が円形の場合は、その直径は $\Phi 100mm$ 以上 $\Phi 200$

mm以下とすることができる。接合体2の主面の形状が矩形的場合は、その一辺の長さは70mm以上142mm以下とすることができる。接合体2の主面には、オリエンテーションフラットが形成されていてもよい。接合体2は、その外表面のTTVが $10\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0036] (圧電体基板とスピネル多結晶基板との接合)

圧電体基板5とスピネル多結晶基板1との接合の方法は特に限定されず、接着剤を用いてもよいし、ファンデルワールス力により接合されてもよい。圧電体基板とスピネル多結晶基板とを高精度に接合するためには、圧電体基板とスピネル多結晶基板とはファンデルワールス力により接合されることが好ましい。より具体的には、圧電体基板を構成する材料の原子と、スピネル多結晶基板を構成するスピネルの原子とは、ファンデルワールス力により接合されることが好ましい。

[0037] <圧電体基板>

圧電体基板5は、電気信号を機械的振動へ変換する圧電効果を奏する基板である。圧電体基板5の主成分としては、例えばタンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、ホウ酸リチウム等を用いることができる。これらの中でも、電気機械結合係数に優れるタンタル酸リチウム又はニオブ酸リチウムが好ましい。圧電体基板5は、例えばチョクラルスキー法で上記成分の単結晶棒を生成し、これをスライスすることで得ることができる。なお、基板方位（カット角度）としては、例えば $36^\circ \sim 50^\circ$ とすることができ、表面弾性波デバイスの用途等に応じて適宜選択することができる。

[0038] 圧電体基板5の平均厚みT1は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下が好ましい。圧電体基板5の平均厚みT1が $0.1\mu\text{m}$ 未満の場合、表面弾性波のロスが大きくなるおそれや、圧電体基板5の加工が困難になるおそれがある。圧電体基板5の平均厚みT1が $25\mu\text{m}$ を超える場合、圧電体基板5の温度変化による膨張又は収縮が大きくなるおそれや、接合体2が不要に厚くなるおそれがある。圧電体基板5の平均厚みT1の下限は、 $0.1\mu\text{m}$ が好ましく、 $1\mu\text{m}$ がより好ましく、 $3\mu\text{m}$ が更に好ましい。一方、圧電体基板5の平

均厚み T 1 の上限は、 $25\text{ }\mu\text{m}$ が好ましく、 $15\text{ }\mu\text{m}$ がより好ましく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ が更に好ましい。圧電体基板 5 の平均厚みは、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。

[0039] 上記の圧電体基板の厚みは、接合体の厚み及びスピネル多結晶基板の厚みを測定し、接合体の厚みからスピネル多結晶基板の厚みを差し引くことにより確認することができる。接合体の厚みは、デジタルマイクロメータにより測定することができる。スピネル多結晶基板の厚みは、マイクロメータにより測定することができる。

[0040] なお、出願人が測定した限りでは、同一の試料において測定する限りにおいては、圧電体基板の平均厚みを観察断面の選択個所を変更して複数回算出しても、算出結果のばらつきはほとんどなく、任意に観察断面を設定しても恣意的にはならないことが確認された。

[0041] 圧電体基板 5 の第 1 の主面 5 a の算術平均粗さ (R a) の上限は、 1 nm が好ましく、 0.8 nm がより好ましい。圧電体基板 5 の第 1 の主面 5 a の算術平均粗さ (R a) が 1 nm を超える場合、ファンデルワールス力によるスピネル多結晶基板 1 との接着強度が低下するおそれがある。一方、圧電体基板 5 の第 1 の主面 5 a の算術平均粗さ (R a) の下限は、 0.05 nm が好ましい。圧電体基板 5 の第 1 の主面 5 a の算術平均粗さ (R a) が 0.05 nm 未満の場合、バルク波が圧電体基板 5 とスピネル多結晶基板 1 との間で反射し易くなってスプリアス応答が増加するおそれや、圧電体基板 5 とスピネル多結晶基板 1 との接着面積が低減し、ファンデルワールス力による圧電体基板 5 とスピネル多結晶基板 1 との接着強度が低下するおそれがある。

[0042] 本明細書において、算術平均粗さ (R a) は J I S B 0 6 0 1 に規定される算術平均粗さを意味する。算術平均粗さは、原子間力顕微鏡 (A F M : A t o m i c F o r c e M i c r o s c o p e) により測定される値である。

[0043] 圧電体基板 5 の線膨張係数の上限は、 $30\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ が好ましく、 $20\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ がより好ましい。圧電体基板 5 の線膨張係数が $30\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

℃を超える場合、圧電体基板の温度変化による膨張又は収縮が大きくなるおそれがある。一方、圧電体基板5の線膨張係数の下限は特に限定されないが、例えば、 $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ が好ましく、 10×10^{-6} がより好ましい。

[0044] 上記の線膨張係数は圧縮荷重法（株式会社リガク製「熱機械分析装置TMA8310」）により測定される値である。

[0045] 圧電体基板5は、上記主成分以外の成分を含んでいてもよく、例えば金属を添加してもよい。金属元素を添加することで圧電体基板5の機械的強度や耐熱性等を改善することができる。

[0046] <スピネル多結晶基板>

スピネル多結晶基板1は、スピネル焼結体からなる基板である。スピネル多結晶基板1は、接合体2の強度を高めると共に、圧電体基板の熱膨張を抑制するための支持基材である。スピネル多結晶基板1を構成するスピネルとしては、例えば、 $\text{MgO} \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$ ($1 \leq n \leq 3$) が挙げられる。 n の値の下限は、1が好ましく、1.03がより好ましく、1.05が更に好ましい。 n の値が1未満であると、MgOが局所的に多くなり、気孔率が増加する傾向がある。 n の値の上限は、3が好ましく、2がより好ましく、1.5が更に好ましい。 n の値が3を超えると、局所的に Al_2O_3 が多くなり、該 Al_2O_3 が気孔とともに偏在し、目視上白濁が増加する傾向がある。

[0047] スピネル多結晶基板の組成、及び、組成式 $\text{MgO} \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$ における n の値は、X線回折マトリックスフラッシング法により測定することができる。

[0048] スピネル多結晶基板1は、スピネル以外の成分を含んでいてもよく、例えばアルミナ成分を含むことができる。スピネル多結晶基板中のスピネル以外の成分の含有量の上限値は10質量%が好ましく、5質量%がより好ましい。スピネル多結晶基板中のスピネル以外の成分の含有量の下限値は3質量%が好ましく、1質量%がより好ましく、0であること、すなわちスピネル以外の成分を含まないことが更に好ましい。

[0049] スピネル多結晶基板1の平均厚みT2は、 $100\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下

が好ましい。スピネル多結晶基板 1 の平均厚み T_2 が $100\ \mu\text{m}$ 未満の場合、圧電体基板の熱膨張を十分に抑制することができないおそれがある。スピネル多結晶基板 1 の平均厚み T_2 が $500\ \mu\text{m}$ を超える場合、バルク波が圧電体基板 5 とスピネル多結晶基板 1 との境界で反射を起こしやすくなるおそれや、接合体 2 が不要に厚くなるおそれがある。スピネル多結晶基板 1 の平均厚み T_2 の下限は、 $100\ \mu\text{m}$ が好ましく、 $150\ \mu\text{m}$ がより好ましく、 $200\ \mu\text{m}$ が更に好ましい。一方、スピネル多結晶基板 1 の平均厚み T_2 の上限は、 $500\ \mu\text{m}$ が好ましく、 $400\ \mu\text{m}$ がより好ましく、 $300\ \mu\text{m}$ が更に好ましい。スピネル多結晶基板 1 の平均厚み T_2 は、 $150\ \mu\text{m}$ 以上 $400\ \mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $200\ \mu\text{m}$ 以上 $300\ \mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。

[0050] 上記のスピネル多結晶基板の厚みは、スピネル多結晶基板の裏面 1 a の法線方向に平行な断面をマイクロメータで測定される値である。測定は一の断面において 3 箇所で行い、3 箇所の平均値を圧電体基板の平均厚みとする。

[0051] なお、出願人が測定した限りでは、同一の試料において測定する限りにおいては、スピネル多結晶基板の平均厚みを観察断面の選択箇所を変更して複数回算出しても、算出結果のばらつきはほとんどなく、任意に観察断面を設定しても恣意的にはならないことが確認された。

[0052] 圧電体基板 5 の平均厚み T_1 とスピネル多結晶基板 1 の平均厚み T_2 との比である T_1/T_2 は 0.1 以下であり、圧電体基板の平均厚み T_1 に対して、スピネル多結晶基板の平均厚み T_2 が十分に大きい。このため、スピネル多結晶基板は、圧電体基板の熱膨張を十分に抑制することができ、接合体は、ばらつきの小さい、優れた周波数温度特性を有することができる。

[0053] 上記比 T_1/T_2 の上限は 0.1 であり、0.04 が好ましく、0.02 がより好ましい。該比 T_1/T_2 が 0.1 を超える場合、周波数温度特性 (TCF) が悪化する傾向がある。

[0054] 一方、上記比 T_1/T_2 の下限は、0.0002 が好ましく、0.002 がより好ましく、0.006 が更に好ましい。該比 T_1/T_2 が 0.000

2未満の場合、圧電体基板5の加工精度が低下するおそれがある。更に、接合体4の温度変化による変形が大きくなるおそれや、機械的強度が低下するおそれがある。

[0055] 上記比 $T1/T2$ は、0.0002以上0.1以下が好ましく、0.002以上0.04がより好ましく、0.006以上0.02以下が更に好ましい。

[0056] スピネル多結晶基板1は、圧電体基板5と接する主面（対向面1bに該当）において、TTVが $1.5\mu\text{m}$ 以下である。このため、スピネル多結晶基板は膜厚が均一に保たれ、スピネル多結晶基板の全面に渡って、圧電体基板の熱膨張を十分に抑制することができる。よって、接合体は、ばらつきの小さい、優れた周波数温度特性を有することができる。

[0057] TTVの上限値は $1.5\mu\text{m}$ であり、 $1.2\mu\text{m}$ が好ましく、 $0.9\mu\text{m}$ がより好ましく、 $0.7\mu\text{m}$ が更に好ましい。TTVが $1.5\mu\text{m}$ を超えると、スピネル多結晶基板の膜厚が不均一となり、接合体の周波数温度特性がばらつく傾向がある。

[0058] 一方、TTVの下限値は特に限定されないが、製造上の観点からは $0.1\mu\text{m}$ が好ましく、 $0.5\mu\text{m}$ がより好ましい。

[0059] TTVは $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1.5\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1.2\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $0.7\mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。

[0060] 上記のTTVは、平面度測定器（トロペル社製「FlatMaster 200XRA-Wafer」）により測定される。測定領域は、接合体中のスピネル多結晶基板の圧電体基板と接する主面（対向面1bに該当）の全域である。

[0061] T1及びT2の合計厚みが、 $100.1\mu\text{m}$ 以上 $525\mu\text{m}$ 以下であり、スピネル多結晶基板は、その主表面が、直径 100mm 以上 200mm 以下の円形、又は、前記円形にオリエンテーションフラットが形成された形状であり、かつ、スピネル多結晶基板の圧電体基板と接する主面におけるTTV

が $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下である場合は、接合体の外表面におけるTTVを $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることができる。

[0062] スピネル多結晶基板は複数の結晶粒を含み、該結晶粒は、その平均粒径が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $60\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これによると、弾性波のロスをより効果的に抑制することができる。

[0063] 上記結晶粒の平均粒径が $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満であると、スピネル多結晶基板の気孔率が大きくなりすぎ、弾性率が低下するため、圧電体基板の熱膨張を抑制するという支持基板としての効果を得難い傾向がある。更にスピネル多結晶基板と圧電体基板との接合界面における接点面積が低下するため、接合強度が低下する。一方、上記結晶粒の平均粒径が $60\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、スピネル粒子同士の粒界に存在する気孔が偏在してしまう傾向がある。スピネル多結晶基板の平均粒径は、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $8\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。

[0064] 本明細書において、「平均粒径」とは、体積基準の粒度分布（体積分布）におけるメジアン径（ d_{50} ）を意味し、スピネル多結晶基板に含まれる全てのスピネル粒子を対象にした平均粒子径であることを意味する。

[0065] スピネル粒子の平均粒径を算出するための各粒子の粒子径は、次の方法によって測定することができる。まず、スピネル多結晶基板の表面を鏡面研磨し、研磨面上に $10\text{ mm}\times 10\text{ mm}$ の測定視野を決定する。該測定視野におけるスピネル多結晶基板の反射電子像を、電子顕微鏡を用いて5000倍の倍率で観察する。次に、この反射電子像において、スピネル多結晶基板を構成する粒子に外接する円の直径（すなわち外接円相当径）を測定し、該直径をスピネル粒子の粒径とする。

[0066] なお、出願人が測定した限りでは、同一の試料において測定する限りにおいては、スピネル多結晶基板に含まれる結晶粒の平均粒径を測定視野の選択個所を変更して複数回算出しても、算出結果のばらつきはほとんどなく、任意に測定視野を設定しても恣意的にはならないことが確認された。

[0067] スピネル多結晶基板1の表面の算術平均粗さ（ R_a ）の下限は、 0.01

nmが好ましく、0.1 nmがより好ましい。スピネル多結晶基板1の表面の算術平均粗さ(Ra)が0.01 nm未満の場合、スピネル多結晶基板1の表面が非常に平坦になるように加工する必要があるため、加工コストが増加する傾向がある。一方、スピネル多結晶基板1表面の算術平均粗さ(Ra)の上限は、3.0 nmが好ましく、2.0 nmがより好ましい。スピネル多結晶基板1の表面の算術平均粗さ(Ra)が3.0 nmを超える場合、圧電体基板5とスピネル多結晶基板1とをファンデルワールス力により接着する場合に、接着強度が低下するおそれがある。

[0068] スピネル多結晶基板1の線膨張係数の上限は、 $16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ が好ましく、 $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ がより好ましい。スピネル多結晶基板1の線膨張係数が $16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を超える場合、圧電体基板の熱膨張を十分に抑制することができないおそれがある。一方、スピネル多結晶基板1の線膨張係数の下限は、 $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ が好ましく、 $3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ がより好ましい。スピネル多結晶基板1の線膨張係数が $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 未満の場合、圧電体基板5と線膨張係数の差が大きくなって温度変化時にスピネル多結晶基板1の歪みが大きくなるおそれがある。

[0069] 上記の線膨張係数は、棒状に成形した材料を、線熱膨張測定装置で測定して得られる値である。

[0070] スピネル多結晶基板1と圧電体基板5との線膨張係数の差の下限は、 $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ が好ましく、 $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ がより好ましい。スピネル多結晶基板1と圧電体基板5との線膨張係数の差が $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 未満の場合、圧電体基板の熱膨張を十分に抑制することができないおそれがある。一方、スピネル多結晶基板1と圧電体基板5との線膨張係数の差の上限は、 $20 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ が好ましい。スピネル多結晶基板1と圧電体基板5との線膨張係数の差が $20 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を超える場合、温度変化時にスピネル多結晶基板1の歪みが大きくなるおそれがある。

[0071] スピネル多結晶基板1は、電気信号を受けて振動する圧電体基板5を支持する。このためスピネル多結晶基板1には相当の応力が加わる。また圧電体

基板 5 が作動すると圧電体基板 5 は発熱し、その熱がスピネル多結晶基板 1 にも伝播する。この際、スピネル多結晶基板 1 には熱応力が発生する。このためスピネル多結晶基板 1 は、相応の強度を有することが好ましい。

[0072] スピネル多結晶基板 1 のヤング率の下限は、100 GPa が好ましく、150 GPa がより好ましく、180 GPa が更に好ましい。スピネル多結晶基板 1 のヤング率が 100 GPa 未満の場合、スピネル多結晶基板 1 が割れやすくなるおそれがある。一方、スピネル多結晶基板 1 のヤング率の上限は、400 GPa が好ましく、350 GPa がより好ましく、300 GPa が更に好ましい。スピネル多結晶基板 1 のヤング率が 400 GPa を超える場合、スピネル多結晶基板 1 の硬度が過剰に高くなるため、チップングを起こす可能性が高くなる。更に、スピネル多結晶基板 1 の硬度が過剰に高くなるため、加工が困難になるおそれがある。

[0073] 本明細書において、ヤング率は、JIS R 1602 に準拠して行われる 3 点曲げ試験により測定される値である。測定にはミネベア株式会社製「材料試験機 AL-50NB」を用いる。

[0074] スピネル多結晶基板 1 のヌープ硬度の下限は、1000 が好ましく、1200 がより好ましい。スピネル多結晶基板 1 のヌープ硬度が 1000 未満の場合、スピネル多結晶基板 1 が割れやすくなるおそれがある。一方、スピネル多結晶基板 1 のヌープ硬度の上限は、2500 が好ましく、1800 がより好ましい。スピネル多結晶基板 1 のヌープ硬度が 2500 を超える場合、スピネル多結晶基板 1 の加工が困難になるおそれがある。

[0075] 本明細書において、ヌープ硬度は、株式会社ミットヨ社製「Hardness Testing Machine HM」により測定される値である。

[0076] <接合体の製造方法>

本実施形態に係る接合体の製造方法は、圧電体基板を準備する工程と、スピネル多結晶基板を準備する工程と、圧電体基板とスピネル多結晶基板とを接合して接合体を得る工程（以下、「接合工程」とも記す。）と、圧電体基

板の厚みを調整する工程を備えることができる。

[0077] (圧電体基板を準備する工程)

まず、圧電体基板を準備する。圧電体基板は、従来公知の圧電体基板を用いることができる。次に、圧電体基板の主表面を研磨する。具体的には、圧電体基板の主表面を、研削加工で粗研磨を行った後、スピネル多結晶基板を接合する面に対し、CMP (Chemical Mechanical Polishing) にて、算術平均粗さ (Ra) が $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下程度になるまで面粗度を低減する。

[0078] (スピネル多結晶基板を準備する工程)

スピネル多結晶基板を準備する工程は、スピネル粉末準備工程と、成形工程と、焼結工程と、加工工程とを含むことができる。

[0079] スピネル粉末準備工程では、組成式が $\text{MgO} \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$ ($1 \leq n \leq 3$) であり、スピネルからなる粉末を準備する。スピネル粉末は、平均粒径が $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、純度が 99.5% 以上であることが好ましい。

[0080] 上述した組成のスピネル粉末を準備するためには、 MgO (酸化マグネシウム) 粉末と Al_2O_3 (アルミナ) 粉末とを、 $1 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{MgO} \leq 3$ の混合比率 (質量比) となるように混合することが好ましい。

[0081] スピネル粉末の平均粒径を算出するための各粒子の粒子径は、レーザ回折・散乱法による粒子径分布測定方法を用いて測定する。具体的には、粉末粒子に照射したレーザ光の散乱光の散乱強度分布を解析することにより、粉末粒子の直径を測定する方法である。

[0082] 次に成形工程を実施する。具体的には、プレス成形またはCIP (Cold Isostatic Pressing; 冷間等方圧加工法) により成形して成形体を得る。より具体的には、スピネル粉末準備工程で準備した $\text{MgO} \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$ の粉末を、まずプレス成形により予備成形した後、CIPを行ない、成形体を得ることが好ましい。なお、プレス成形とCIPとのいずれか一方のみを行なってもよいし、例えばプレス成形を行なった後にCIP

Pを行なう等、両方を行なってもよい。

[0083] プレス成形においては例えば1 MPa以上300 MPa以下、特に10 MPa以上100 MPa以下の圧力を用いることが好ましい。CIPにおいては例えば160 MPa以上250 MPa以下、特に180 MPa以上230 MPa以下の圧力を用いることが好ましい。

[0084] 次に焼結工程を実施する。具体的には、成形体を真空中において1500℃以上1700℃以下の温度条件下で、60分以上600分以下焼結し（第1焼結工程）、その後、HIP(Hot Isostatic Pressing：熱間等方圧加圧法)により1600℃以上1800℃以下の温度条件下で、60分以上240分以下焼結する（第2焼結工程）。これにより、スピネル焼結体からなるスピネルインゴットを得ることができる。

[0085] 上記の第2焼結工程は、圧力を多段階的に変化させながら行うことが好ましい。より具体的には、1600℃以上1800℃以下の温度条件下で、圧力100 MPa以上200 MPa以下で、1分以上60分以下焼結する第2a焼結工程と、1600℃以上1800℃以下の温度条件下で、圧力150 MPa以上300 MPa以下で、10分以上300分以下焼結する第2b焼結工程を含むことが好ましい。

[0086] 次に加工工程を行なう。具体的には、得られたスピネルインゴットを所望の厚みとなるようにダイヤモンドワイヤーソウにてスライス加工する。これにより、所望の厚みを有するスピネル多結晶基板の下地が完成する。所望の厚みとは、最終的に形成したいスピネル多結晶基板の厚みと、後工程におけるスピネル多結晶基板の主表面の研磨しろ等を考慮した上で決定することが好ましい。なお、最終的に形成したいスピネル多結晶基板の厚みT2は、例えば、100 μm以上500 μm以下とすることができる。

[0087] 次に、上記スピネル多結晶基板の主表面を研磨する。具体的には、スピネル多結晶基板の主表面を、研削加工で粗研磨を行った後、最後に圧電体基板を接合する面（対向面1b）に対し、基板面内への負荷が均等にかかるようにバランスを取りながらラップ加工及び粗研磨加工を行うことにより、TT

Vが $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下となるように、裏面1aからの厚みのばらつきを低減する。

[0088] ラップ加工は、具体的には、ラップ盤として片面又は両面ラップ機、ラップ剤としてダイヤモンド砥粒等を用いて行う。粗研磨加工は、具体的には、片面又は両面研磨機を用いて行う。いずれもワーク厚みや治具寸法等を考慮し、負荷が均一になるようにバランスを取りながら加工を行う。

[0089] 更に、圧電体基板を接合する面（対向面1b）に対し、CMPにて、算術平均粗さ（Ra）が 0.01 nm 以上 3.0 nm 以下程度になるまで面粗度を低減することが好ましい。これにより、スピネル多結晶基板は、圧電体基板の主表面とファンデルワールス力により接合することが可能となる。

[0090] （接合工程）

次に、上記で準備された圧電体基板とスピネル多結晶基板とを接合して接合体を得る。具体的には、スピネル多結晶基板の研磨面と、圧電体基板の研磨面とが向かい合うようにして真空チャンバ内に配置する。この状態を保持したまま、チャンバ内の内部ガスを排気して高真空状態とする。その後、両基板の研磨面に中性化アルゴンの高速原子ビームを照射した後、両基板を近接させて接合し、接合体を得る。

[0091] （圧電体基板の厚みを調整する工程）

上記で得られた接合体において、圧電体基板の厚み T_1 が所望の厚みとなるように、圧電体基板の第2の主面5bに対して、研削、ラップ加工及び研磨加工を行う。ここで所望の厚みは、 T_1/T_2 の値が 0.1 以下となる厚みであり、例えば、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることができる。これにより、 T_1/T_2 の値が 0.1 以下である接合体を得ることができる。

[0092] なお、接合体におけるスピネル多結晶基板の厚みを測定したところ、接合前のスピネル多結晶基板の厚みを維持していることが確認された。

[0093] また、接合体において、スピネル多結晶基板の圧電体基板と接する主面（対向面1b）の TTV を測定したところ、接合前のスピネル多結晶基板の TTV を維持していることが確認された。

[0094] [実施の形態 2 : 表面弾性波デバイス]

＜表面弾性波デバイスの構成＞

本実施形態に係る表面弾性波デバイスについて、図 2～図 4 を用いて説明する。

[0095] 図 2 及び図 3 に示されるように、本実施形態に係る表面弾性波デバイス 10 は、実施の形態 1 に記載の接合体 2 と、圧電体基板 5 のスピネル多結晶基板 1 の設けられた面（第 1 の主面 5 a）とは反対側の主面（第 2 の主面 5 b）上に設けられた電極 3 とを備える。接合体 2 は、圧電体基板 5 と、該圧電体基板 5 の一方の主面（第 1 の主面 5 a）上に設けられたスピネル多結晶基板とを備える。

[0096] 本実施形態に用いられる接合体、圧電体基板、及び、スピネル多結晶基板の構成は、実施の形態 1 に記載されている構成と同様であるため、その説明は繰り返さない。

[0097] 電極 3 は第 1 極 3 a と第 2 極 3 b とを含むことができる。第 1 極 3 a と第 2 極 3 b との間に例えば交流電圧を印加する。そして第 1 極 3 a と第 2 極 3 b との間に印加した交流電圧による電流に、電気信号を入力する。すると電極 3 が設けられた圧電体基板 5 を構成する結晶粒子（原子）同士が応力を受けることにより圧電効果により近づいたり離れたりするため、圧電体基板 5 の主表面が波打つように振動する。

[0098] 第 1 極 3 a 及び第 2 極 3 b はそれぞれ楕円形状を有することができる。これによると、例えば電極 3 に入力される電気信号のうち、第 1 極 3 a の楕円成分 3 c と楕円成分 3 d との距離に相当する波長の電気信号のみが、外部へ伝播される。つまり上述した波長以外の波長を持つ電気信号は、外部へ伝播されず、接合体 2 の内部にて遮断されることになる。このような原理により接合体 2 は、所望の波長を持つ電気信号のみを外部に出力することにより、所望の波長以外の電気信号（つまり雑音）を遮断し、出力信号のノイズを排除することができる。

[0099] 図 2 及び図 3 に示されるように、圧電体基板の第 2 の主表面 5 b には、更

に電極部材 6 を設けることができる。

[0100] なお、図 2 及び図 3 に示されるように、圧電体基板 5、該圧電体基板の第 2 の主表面 5 b 上に設けられた電極 3、並びに、圧電体基板の第 1 の主面 5 a に接合されたスピネル多結晶基板 1 とは、接合基板 4 を形成している。接合基板 4 は、更に、第 1 の電極部材 6 を含むことができる。

[0101] 本明細書において、表面弾性波デバイスとは、接合基板 4 のみから形成されていてもよいし、接合基板 4 に加えて、下記に説明するように、他の構成が含まれていても良い。表面弾性波デバイスが、接合基板 4 に加えて他の構成を含む一例について、図 4 を用いて説明する。

[0102] 図 4 に示されるように、表面弾性波デバイス 410 は、接合基板 4 に加えて、更に、電極 3 を封止するための封止基板 7 を含むことができる。封止基板 7 の主面のうち、接合基板 4 と対向する主面には、金属薄膜からなる第 2 の電極部材 9 が形成され、他方の主面には外部端子 11 が形成されている。第 2 の電極部材 9 と外部端子 11 とは、封止基板 7 を貫通するビア配線 8 を介して電氣的に接続されている。

[0103] 表面弾性波デバイス 410 において、第 1 の電極部材 6 と第 2 の電極部材 9 とは接触するように配置されているため、第 1 の電極部材 6 及び外部端子 11 も、第 2 の電極部材 9 及びビア配線 8 を介して電氣的に接続されている。

[0104] 接合基板 4 と封止基板 7 とは、接着部材 13 を介して接合されている。接着部材 13 は電極 3、第 1 の電極部材 6 及び第 2 の電極部材 9 を囲むように設けられている。したがって、電極 3、第 1 の電極部材 6 及び第 2 の電極部材 9 は、外部から遮断され、気密封止されている。なお、接合基板 4 と封止基板 7 とは、接着部材を用いずに、圧着により直接接合されていてもよい。

[0105] 接着部材 13 としては、金属または樹脂を用いることができる。金属としては、金、白金、銀、銅、アルミニウム、ニッケル、チタニウム、金合金、表面を金で被覆した金属等を用いることができる。樹脂としては、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂、ポリアミド樹脂、

ポリアミドイミド樹脂等を用いることができる。

[0106] 封止基板 7 としては、スピネルを用いることが好ましい。封止基板 7 の平均厚みは、 $10\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下が好ましい。

[0107] 表面弾性波デバイス 410 の厚みは、 $110.1\mu\text{m}$ 以上 $1550\mu\text{m}$ 以下が好ましい。また、表面弾性波デバイス 10 の主面は、一辺の長さが 0.1mm 以上 10mm 以下の矩形であることが好ましい。

[0108] <表面弾性波デバイスの製造方法>

本実施形態に係る表面弾性波デバイスの製造方法は、接合基板を準備する工程と、封止基板を準備する工程と、接合基板と封止基板とを接合して表面弾性波デバイスを得る工程とを備えることができる。

[0109] (接合基板を準備する工程)

まず、接合基板を準備する。接合基板は、実施の形態 1 に記載の接合体の主表面上に電極を形成して得ることができる。具体的には、まず、接合体 2 中の圧電体基板 5 を RCA 洗浄にて表面を清浄化する。次に、圧電体基板 5 の研磨面に電極となるアルミ系材料を電子ビーム蒸着で $100\sim$ 数 $100\text{\AA}$ 厚みで堆積する。

[0110] 次に、コーターにて圧電体基板の研磨面にレジストを塗布し、ベーキングで硬化した後、ステッパ露光機にて、表面弾性波デバイスのパターンを露光し、デベロッパにて現像する。

[0111] 次に、RIE (Reactive Ion Etching: 反応性イオンエッチング) 装置にてレジストでマスクされていない部分のアルミ系材料を除去して、電極部分のみにアルミ系材料を残す。レジストを除去して電極が完成する。これにより、圧電体基板 5、該圧電体基板 5 の第 2 の主面 5b 上に設けられた電極 3、並びに、圧電体基板 5 の第 1 の主面 5a に接合されたスピネル多結晶基板 1 とを含む接合基板 4 を得ることができる。なお、第 1 の電極部材 6 も、上記の電極 3 の作製方法と同様の方法で、圧電体基板 5 の第 2 の主面 5b 上に形成することができる。

[0112] なお、表面弾性波デバイスが、図 2 及び図 3 に示されるように、接合基板

のみから形成されている場合は、上記で得られた接合基板が表面弾性波デバイス 10 に該当する。表面弾性波デバイスが、図 4 に示されるように、接合基板に加えて、更に他の構成を備える場合は、下記の工程を更に行う。

[0113] (封止基板を準備する工程)

封止基板 7 としては、例えばスピネルからなる基板を準備する。該基板に、基板を貫通するビア配線 8 を形成する。次に、該基板の一方の主面上に、ビア配線 8 を覆うように第 2 の電極部材 9 を形成する。また、該基板の他方の主面上に、ビア配線 8 を覆うように外部端子 11 を形成する。これにより封止基板 7 を得ることができる。

[0114] (表面弾性波デバイスを得る工程)

次に、得られた接合基板 4 と封止基板 7 とを接合する。まず、圧電体基板 5 の第 2 の主面 5 b 上に、金属または樹脂からなる接着部材 13 を配置する。次に、圧電体基板 5 の第 2 の主面 5 b と対向するように、封止基板 7 を配置する。この時、第 1 の電極部材 6 と第 2 の電極部材 9 とが接するように配置する。次に、封止基板 7 を一定の加熱温度で圧電体基板 5 に押し当て、接着部材 13 で、封止基板 7 と圧電体基板 5 とを接合し、電極 3 を気密封止する。

[0115] 次に、接合基板 4 と封止基板 7 とを、電極 3 の気密封止を保ったまま、所望の大きさに切断して、表面弾性波デバイス 410 を得ることができる。また、接合基板 4 を所望の大きさに切断してから封止基板 7 と接合して表面弾性波デバイス 410 を得てもよい。

[0116] [実施例]

本実施の形態を実施例により更に具体的に説明する。ただし、これらの実施例により本実施の形態が限定されるものではない。

[0117] <接合体の作製>

(圧電体基板を準備する工程)

圧電体基板として、平均厚み $250\mu\text{m}$ (表 1 において、「平均厚み P-T1」と示す) でタンタル酸リチウムからなる圧電体基板を準備した。圧電

体基板の主面の形状は円形であり、その直径は $\Phi 98\text{ mm}$ であった。

[0118] 上記の圧電体基板の主表面を、研削加工で粗研磨を行った後、スピネル多結晶基板を接合する面に対し、CMP (Chemical Mechanical Polishing) にて、算術平均粗さ (Ra) が 0.5 nm 程度になるまで面粗度を低減した。

[0119] (スピネル多結晶基板を準備する工程)

組成式が $\text{MgO} \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$ ($n = 1.03$) であり、スピネルからなる粉末を準備した。スピネル粉末は、平均粒径が $17\text{ }\mu\text{m}$ であり、純度が 99.9% であった。

[0120] 次に上記のスピネルからなる粉末を 10 MPa の圧力でプレス成形して成形体を得た。

次に上記の成形体を真空中で 1675°C で4時間焼結した後、圧力 200 MPa 、温度 1780°C の条件下で120分間焼結した。これにより、スピネル焼結体からなるスピネルインゴットを得た。

[0121] 次に得られたスピネルインゴットを所望の平均厚みとなるようにダイヤモンドワイヤーソーにてスライス加工しスピネル多結晶基板を得た。ここで所望の平均厚みとは、表1の接合前のスピネル多結晶基板の「平均厚みP-T2」欄に示されるスピネル多結晶基板の厚みと、後工程におけるスピネル多結晶基板の主表面の研磨しろ等を考慮した上で決定した。スピネル多結晶基板の主面の形状は円形であり、その直径は $\Phi 100\text{ mm}$ であった。

[0122] 次に、上記のスピネル多結晶基板の主表面を、研削加工で粗研磨を行った後、最後に圧電体基板を接合する面に対し、基板面内への負荷が均等にかかるようにバランスを取りながらラップ加工及び粗研磨加工を行うことにより、TTVが表1の接合前のスピネル多結晶基板の「P-TTV」欄に示される値となるように、裏面からの厚みのばらつきを低減した。ラップ加工は、具体的には、ラップ盤として片面又は両面ラップ機、ラップ剤としてダイヤモンド砥粒等を用いて行った。粗研磨加工は、具体的には、片面又は両面研磨機を用いて行った。いずれもワーク厚みや治具寸法等を考慮し、負荷が均

一になるようにバランスを取りながら加工を行った。更に、CMPにて、算術平均粗さ（ R_a ）が0.5 nm程度になるまで面粗度を低減した。

[0123] （接合工程）

次に、上記で準備されたスピネル多結晶基板の研磨面と、圧電体基板の研磨面とが向かい合うようにして真空チャンバ内に配置した。この状態を保持したまま、チャンバ内の内部ガスを排気して高真空状態とした。その後、両基板の研磨面に中性化アルゴンの高速原子ビームを照射した後、両基板を近接させて接合し接合体を得た。

[0124] （圧電体基板の厚みを調整する工程）

上記で得られた接合体において、圧電体基板の厚み T_1 が表1の接合基板中の圧電体基板の「平均厚み T_1 」欄に示される厚みとなるように、圧電体基板の第2の主面に対して、研削、ラップ加工及び研磨加工を行った。

[0125] 得られた接合体において、スピネル多結晶基板の平均厚み T_2 を測定した。結果を表1の接合体中のスピネル多結晶基板の「平均厚み T_2 」欄に示す。表1の結果から、接合前のスピネル多結晶基板の平均厚み $P-T_2$ は、接合体におけるスピネル多結晶基板の平均厚み T_2 と同一であることが確認された。なお、平均厚み T_1 及び平均厚み T_2 の算出方法は、実施の形態1に記載されているため、その説明は繰り返さない。

[0126] 得られた T_1 及び T_2 の値から、 T_1/T_2 の値を算出した。結果を表1の「 T_1/T_2 」欄に示す。

[0127] 得られた接合体において、スピネル多結晶基板の圧電体基板との界面（スピネル多結晶基板の対向面1bに該当）の TTV を測定した。結果を表1の接合体中のスピネル多結晶基板の「 TTV 」欄に示す。表1の結果から、接合前のスピネル多結晶基板の TTV （表1において「 $P-TTV$ 」）と、接合体中のスピネル多結晶基板の TTV とは同一であることが確認された。なお、該 TTV の測定方法は、実施の形態1に記載されているため、その説明は繰り返さない。

[0128]

[表1]

Table 1

試料 No.	接合前			接合体			表面弾性波デバイス		
	圧電体基板		平均厚み P-T1 (μm)	圧電体基板		平均厚み P-T2 (μm)	圧電体基板		ばらつき
	平均厚み P-T1 (μm)	平均厚み P-T2 (μm)		平均厚み P-TTV (μm)	平均厚み T1+T2 (μm)		平均厚み T2 (μm)	平均厚み TTV (μm)	
1	250	250	250	0.7	255	250	250	0.7	0.020
2	250	250	250	0.7	260	250	250	0.7	0.040
3	250	250	250	0.7	275	250	250	0.7	0.100
4	250	250	250	0.7	290	250	250	0.7	0.160
5	250	250	500	0.7	500.1	500	500	0.7	0.000
6	250	250	500	0.7	501	500	500	0.7	0.002
7	250	250	500	0.7	503	500	500	0.7	0.006
8	250	250	100	0.7	105	100	100	0.7	0.050
9	250	250	150	0.7	155	150	150	0.7	0.033
10	250	250	200	0.7	205	200	200	0.7	0.025
11	250	250	250	0.7	260	250	250	0.7	0.040
12	250	250	300	0.7	310	300	300	0.7	0.033
13	250	250	375	0.7	385	375	375	0.7	0.027
14	250	250	500	0.7	510	500	500	0.7	0.020
15	250	250	250	2	260	250	250	3	0.040
16	250	250	250	1.5	260	250	250	1.5	0.040
17	250	250	250	1.2	260	250	250	1.2	0.040
18	250	250	250	0.9	260	250	250	0.9	0.040
19	250	250	250	0.7	260	250	250	0.7	0.040

[0129] <表面弾性波デバイスの作製>

(接合基板を準備する工程)

上記の接合体中の圧電体基板を R C A 洗浄にて表面を清浄化した。次に、圧電体基板の洗浄化面に電極となるアルミ系材料を電子ビーム蒸着で数 1 0 0 Å 厚みで堆積した。

[0130] 次に、コーターにて圧電体基板の研磨面にレジストを塗布し、ベーキングで硬化した後、ステッパ露光機にて、表面弾性波デバイスのパターンを露光し、デベロッパにて現像した。

[0131] 次に、R I E (R e a c t i v e I o n E t c h i n g : 反応性イオンエッチング) 装置にてレジストでマスクされていない部分のアルミ系材料を除去して、電極部分のみにアルミ系材料を残した。レジストを除去して電極が完成した。なお、第 1 の電極部材も、上記の電極の作製方法と同様の方法で、圧電体基板の第 2 の主面上に形成した。

[0132] (封止基板を準備する工程)

封止基板としては、スピネルからなる基板を準備した。該基板に、基板を貫通するビア配線を形成した。次に、該基板の一方の主面上に、ビア配線を覆うように第 2 の電極部材を形成した。また、該基板の他方の主面上に、ビア配線を覆うように外部端子を形成した。これにより封止基板を得た。

[0133] (表面弾性波デバイスを得る工程)

次に、得られた接合基板と封止基板とを接合した。まず、圧電体基板の第 2 の主面上に、樹脂からなる接着部材を配置した。次に、圧電体基板の第 2 の主面と対向するように、封止基板を配置した。この時、第 1 の電極部材と第 2 の電極部材とが接するように配置した。次に、封止基板を一定の加熱温度で圧電体基板に押し当て、接着部材で、封止基板と圧電体基板とを接合し、電極を気密封止した。

[0134] 次に、接合基板と封止基板とを、電極の気密封止を保ったまま、1 mm × 1 mm の大きさに切断して、試料 1 ~ 試料 1 9 の表面弾性波デバイスを得た。

[0135] <周波数温度係数 (T C F) の測定>

得られた表面弾性波デバイスについて、周波数温度係数を測定した。周波

数温度係数の具体的な測定方法は下記の通りである。

[0136] 基板 1 枚から 5 点の試験用弾性表面波素子の SAW 共振器にネットワークアナライザを接続し、周辺温度を -40°C から 85°C まで変化させて、各試料の弾性表面波デバイスの周波数温度係数 (TCF: Temperature Coefficient of Frequency) を計測し、それらの平均値およびばらつき (標準偏差) を算出した。結果を表 1 の「平均値」及び「ばらつき」の欄に示す。

[0137] <評価>

試料 1 ~ 3、5 ~ 14 及び 16 ~ 19 は、圧電体基板の平均厚み T_1 と、スピネル多結晶基板の平均厚み T_2 との比である T_1 / T_2 が 0.1 以下であり、スピネル多結晶基板は、圧電体基板と接する主面において、TTV が $1.5\ \mu\text{m}$ 以下であり、実施例に該当する。試料 1 ~ 3、5 ~ 14 及び 16 ~ 19 は、周波数温度特性が良好であり、そのばらつきも小さかった。

[0138] 試料 4 は T_1 / T_2 が 0.1 を超えており、比較例に該当する。試料 4 は上記の実施例に比べて、周波数温度特性が低下していた。

[0139] 試料 15 は、TTV が $1.5\ \mu\text{m}$ を超えており、比較例に該当する。試料 15 は上記の実施例に比べて、周波数温度特性のばらつきが大きかった。

[0140] 以上のように本開示の実施の形態および実施例について説明を行なったが、上述の各実施の形態および実施例の構成を適宜組み合わせたり、様々に変形することも当初から予定している。

[0141] 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施の形態および実施例ではなく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

[0142] 1, 51 スピネル多結晶基板、1a 裏面、1b 対向面、2 接合体、3 電極、3a 第 1 極、3b 第 2 極、4 接合基板、5 圧電体基板、5a 第 1 の主面、5b 第 2 の主面、6 第 1 の電極部材、7 封止基

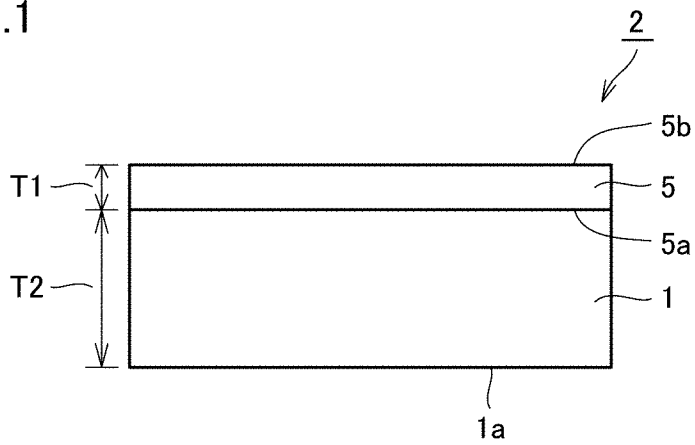
板、 8 ビア配線、 9 第 2 の電極部材、 10, 410 表面弾性波デバイス、 11 外部端子、 13 接着部材。

請求の範囲

- [請求項1] 圧電体基板と、前記圧電体基板の一方の主面上に設けられたスピネル多結晶基板とを備え、
- 前記圧電体基板の平均厚み T_1 と、前記スピネル多結晶基板の平均厚み T_2 との比である T_1 / T_2 が 0.1 以下であり、
- 前記スピネル多結晶基板は、前記圧電体基板と接する主面において、 TTV が $1.5 \mu m$ 以下である、接合体。
- [請求項2] 前記 T_1 / T_2 が 0.0002 以上 0.1 以下である、請求項1に記載の接合体。
- [請求項3] 前記 T_1 は、 $0.1 \mu m$ 以上 $25 \mu m$ 以下であり、
- 前記 T_2 は、 $100 \mu m$ 以上 $500 \mu m$ 以下である、請求項1又は請求項2に記載の接合体。
- [請求項4] 前記圧電体基板は、タンタル酸リチウム又はニオブ酸リチウムからなる、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の接合体。
- [請求項5] 前記 T_1 及び前記 T_2 の合計厚みは、 $100.1 \mu m$ 以上 $525 \mu m$ 以下であり、
- 前記スピネル多結晶基板は、その主表面が、直径 $100 mm$ 以上 $200 mm$ 以下の円形、又は、前記円形にオリエンテーションフラットが形成された形状であり、
- 前記接合体は、その外表面の TTV が $10 \mu m$ 以下である、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の接合体。
- [請求項6] 請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の接合体と、
- 前記圧電体基板の前記スピネル多結晶基板の設けられた面とは反対側の主面上に設けられた電極とを備える、表面弾性波デバイス。

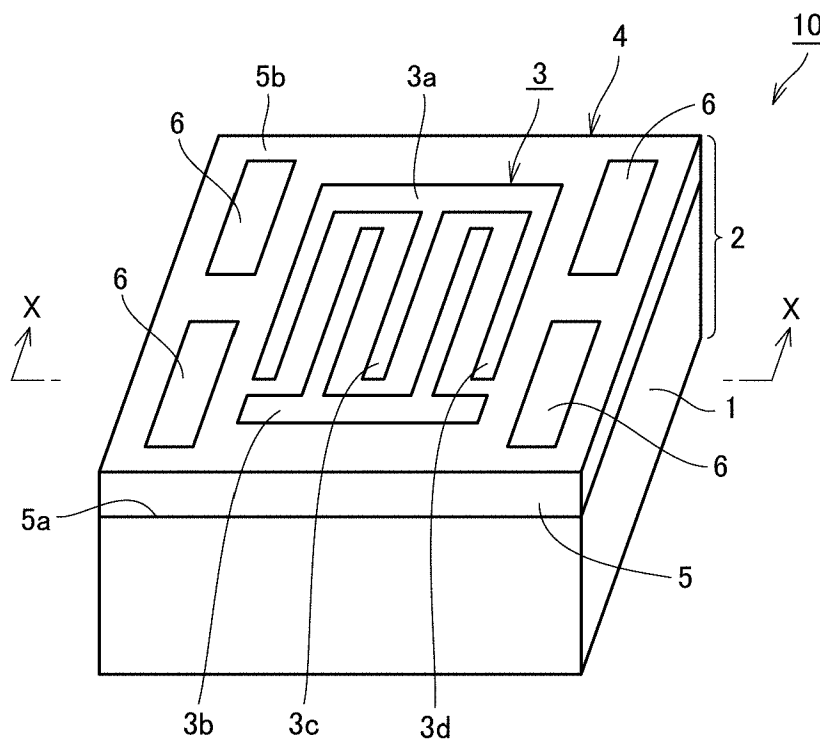
[図1]

FIG.1



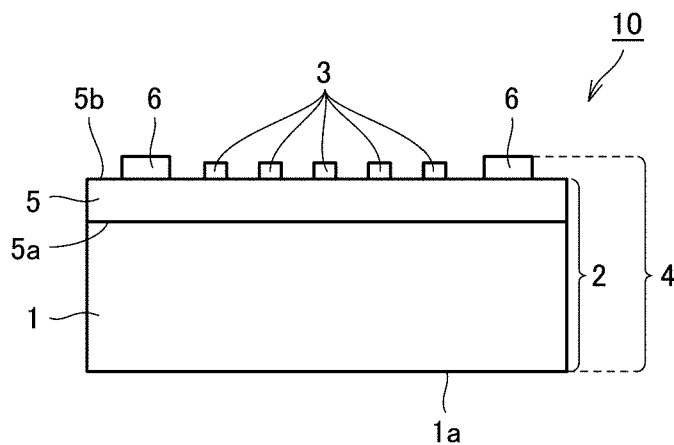
[図2]

FIG.2



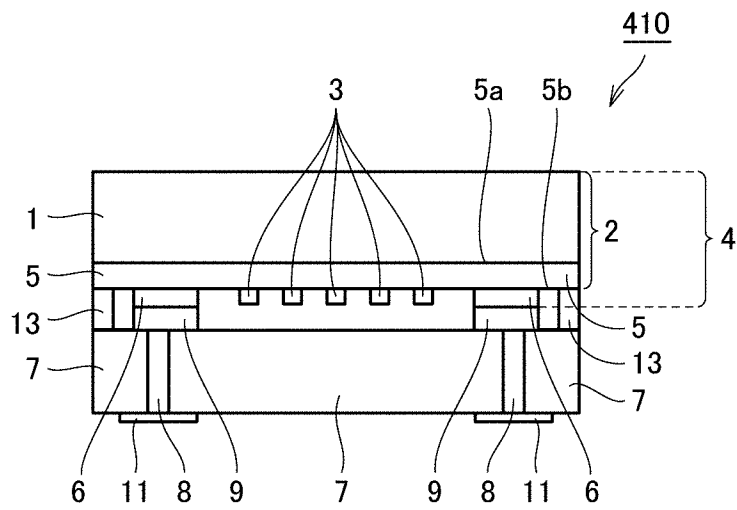
[図3]

FIG.3



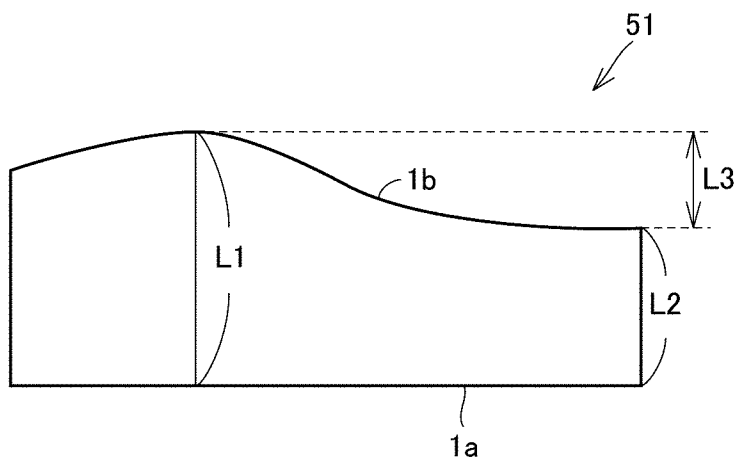
[図4]

FIG.4



[図5]

FIG.5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/001551

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	JP 2014-229943 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 08 December 2014, paragraphs [0018]-[0030], [0045], fig. 1 (Family: none)	1-6
Y	JP 2017-034363 A (TAIYO YUDEN CO., LTD.) 09 February 2017, paragraphs [0015]-[0044], fig. 1 & US 2017/0033765 A1, paragraphs [0015]-[0053], fig. 1 & CN 106411285 A & KR 10-2017-0015186 A	1-6
Y	JP 07-335513 A (NIPPONDENSO CO., LTD.) 22 December 1995, paragraphs [0003]-[0006], [0024]-[0045], fig. 1-9, 21-26 (Family: none)	1-6
Y	WO 2015/053127 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 16 April 2015, paragraphs [0036]-[0044], fig. 1 & US 2014/0103353 A1, paragraphs [0033]-[0046], fig. 1 & EP 2908330 A1 & TW 201417148 A & CN 104641453 A	5-6

☐ 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
20 March 2019 (20.03.2019)

Date of mailing of the international search report
02 April 2019 (02.04.2019)

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

Authorized officer

Telephone No.

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	JP 2014-229943 A (住友電気工業株式会社) 2014. 12. 08, 段落 [0018] - [0030], [0045], [図 1] (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2017-034363 A (太陽誘電株式会社) 2017. 02. 09, 段落 [0015] - [0044], [図 1] & US 2017/0033765 A1, 段落 [0015] - [0053], [図 1] & CN 106411285 A & KR 10-2017-0015186 A	1-6

☒ 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	「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

20.03.2019

国際調査報告の発送日

02.04.2019

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)

石田 昌敏

5W

4181

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
Y	JP 07-335513 A (日本電装株式会社) 1995. 12. 22, 段落 [0003] - [0006] , [0024] - [0045] , [図 1] - [図 9] , [図 21] - [図 26] (ファミリーなし)	1-6
Y	WO 2015/053127 A1 (住友電気工業株式会社) 2015. 04. 16, 段落 [0036] - [0044] , [図 1] & US 2014/0103353 A1, 段落 [0033] - [0046] , [図 1] & EP 2908330 A1 & TW 201417148 A & CN 104641453 A	5-6