

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-169983
(P2019-169983A)

(43) 公開日 令和1年10月3日(2019.10.3)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
H03H	9/25	(2006.01)	H03H 9/25	C 5J097
H03H	3/08	(2006.01)	H03H 3/08	
H01L	21/02	(2006.01)	H01L 21/02	B

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2019-118168 (P2019-118168)	(71) 出願人	000002060 信越化学工業株式会社 東京都千代田区大手町二丁目6番1号
(22) 出願日	令和1年6月26日(2019.6.26)	(74) 代理人	100166545 弁理士 折坂 茂樹
(62) 分割の表示	特願2016-43992 (P2016-43992) の分割	(72) 発明者	秋山 昌次 群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信越 化学工業株式会社 精密機能材料研究所内
原出願日	平成28年3月8日(2016.3.8)	(72) 発明者	丹野 雅行 群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信越 化学工業株式会社 精密機能材料研究所内
(31) 優先権主張番号	特願2016-17916 (P2016-17916)	Fターム(参考)	5J097 AA21 AA24 EE08 EE10 FF04 HA03
(32) 優先日	平成28年2月2日(2016.2.2)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

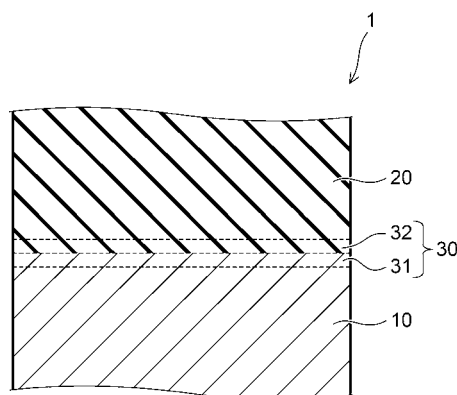
(54) 【発明の名称】 複合基板および複合基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 圧電材料層と支持基板との貼り合わせにおいて十分な接合強度を得ることができる複合基板および複合基板の製造方法を提供すること

【解決手段】 本発明は、第1元素を主成分とする単結晶支持基板と、単結晶支持基板の上に設けられ、第2元素(酸素を除く)を主成分とする酸化物単結晶層と、単結晶支持基板と酸化物単結晶層との間に設けられ、第1元素、第2元素およびArを含む非晶質層と、を備えた複合基板であって、非晶質層は、第1元素の割合が第2元素の割合よりも高くなる第1非晶質領域と、第2元素の割合が第1元素の割合よりも高くなる第2非晶質領域と、を有し、第1非晶質領域に含まれるArの濃度は、第2非晶質領域に含まれるArの濃度よりも高く、かつ3原子%以上であることを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 元素を主成分とする単結晶支持基板と、

前記単結晶支持基板の上に設けられ、第 2 元素（酸素を除く）を主成分とする酸化物単結晶層と、

前記単結晶支持基板と前記酸化物単結晶層との間に設けられ、前記第 1 元素、前記第 2 元素および Ar を含む非晶質層と、を備えた複合基板であって、

前記非晶質層は、

前記第 1 元素の割合が前記第 2 元素の割合よりも高くなる第 1 非晶質領域と、

前記第 2 元素の割合が前記第 1 元素の割合よりも高くなる第 2 非晶質領域と、を有し

10

、
前記第 1 非晶質領域に含まれる Ar の濃度は、前記第 2 非晶質領域に含まれる Ar の濃度よりも高く、かつ 3 原子% 以上であることを特徴とする複合基板。

【請求項 2】

前記第 2 非晶質領域に含まれる Ar の濃度は 3 原子% 未満である、請求項 1 記載の複合基板。

【請求項 3】

前記単結晶支持基板は、シリコン単結晶基板およびサファイア単結晶基板よりなる群から選択された 1 つを含む、請求項 1 または 2 に記載の複合基板。

【請求項 4】

前記酸化物単結晶層は、タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムよりなる群から選択された 1 つを含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の複合基板。

20

【請求項 5】

前記酸化物単結晶層の厚さは、50 μm 以下である、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の複合基板。

【請求項 6】

前記酸化物単結晶層は、単一分極であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の複合基板。

【請求項 7】

第 1 元素を主成分として含む単結晶支持基板の表面および第 2 元素（酸素を除く）を主成分とする酸化物単結晶基板のそれぞれの表面を Ar により活性化する工程と、

30

前記 Ar により活性化された前記単結晶支持基板の表面と、前記 Ar により活性化された前記酸化物単結晶基板の表面とを貼り合わせ、前記単結晶支持基板と前記酸化物単結晶基板との間に前記第 1 元素、前記第 2 元素および Ar を含む非晶質層を形成する工程と、

前記酸化物単結晶基板の厚さを薄くして酸化物単結晶層を形成する工程と、

熱処理工程と、

を備え、

前記非晶質層は、

前記第 1 元素の割合が前記第 2 元素の割合よりも高くなる第 1 非晶質領域と、

前記第 2 元素の割合が前記第 1 元素の割合よりも高くなる第 2 非晶質領域と、を有し

40

、
前記熱処理工程は、前記第 1 非晶質領域に含まれる Ar の濃度を、前記第 2 非晶質領域に含まれる Ar の濃度よりも高く、かつ 3 原子% 以上にするを含む、複合基板の製造方法。

【請求項 8】

前記熱処理工程は、前記第 2 非晶質領域に含まれる Ar の濃度を 3 原子% 未満にするを含む、請求項 7 記載の複合基板の製造方法。

【請求項 9】

前記熱処理工程は、前記非晶質層を 150 以上に加熱することを含む、請求項 7 または 8 に記載の複合基板の製造方法。

50

【請求項 10】

前記単結晶支持基板は、シリコン単結晶基板およびサファイア単結晶基板よりなる群から選択された1つを含む、請求項7～9のいずれか1つに記載の複合基板の製造方法。

【請求項 11】

前記酸化物単結晶基板は、タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムよりなる群から選択された1つを含む、請求項7～10のいずれか1つに記載の複合基板の製造方法。

【請求項 12】

前記酸化物単結晶層を形成する工程は、前記酸化物単結晶基板の厚さを50 μm以下にすることを含む、請求項7～11のいずれか1つに記載の複合基板の製造方法。

【請求項 13】

前記単結晶支持基板と前記酸化物単結晶基板とを貼り合わせる前に、前記酸化物単結晶基板の所定深さにイオン注入を施す工程をさらに備え、

前記酸化物単結晶層を形成する工程は、前記イオン注入された位置で前記酸化物単結晶基板の一部を剥離することを含む、請求項7～12のいずれか1つに記載の複合基板の製造方法。

【請求項 14】

前記酸化物単結晶基板は単一分極であることを特徴とする請求項7～13のいずれか1つに記載の複合基板の製造方法。

【請求項 15】

前記複合基板の前記酸化物単結晶層を単一分極化する工程を更に備えることを特徴とする請求項7～13のいずれか1つに記載の複合基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面弾性波(SAW)デバイス等に用いられる複合基板および複合基板の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、スマートフォンに代表される移動体通信の市場において、通信量が急激に増大している。これに対応するため、必要なバンド数を増やすとともに、必然的に各種部品の小型化、高性能化が重要になってきている。

【0003】

一般的な圧電材料であるタンタル酸リチウム(Lithium Tantalate: LTと略称されることもあり)やニオブ酸リチウム(Lithium Niobate: LNと略称されることもあり)は、表面弾性波(SAW)デバイスの材料として広く用いられている。これらの材料は大きな電気機械結合係数を有し、広帯域化が可能である反面、温度安定性が低く、温度変化によって対応できる周波数がシフトしてしまうという問題点を有する。これはタンタル酸リチウムやニオブ酸リチウムが非常に高い熱膨張係数を有することに起因する。

【0004】

この問題を低減するために、タンタル酸リチウムやニオブ酸リチウムに、より小さな熱膨張係数を有する材料、具体的にはサファイアを貼り合せ、タンタル酸リチウムやニオブ酸リチウムのウェーハを研削などで数μm～数十μmに薄化することで、熱膨張を抑え、温度特性を改善する方法が提案されている(例えば、非特許文献1参照)。また、さらに熱膨張係数が小さいシリコンとの貼り合わせも提案されている(例えば、特許文献1参照)。

【0005】

しかし、これらの材料は貼り合わせた後に熱処理を掛けて結合強度を上げようとする両基板の膨張係数の差により基板の反りや剥がれ、割れなどが生じてしまうことが知られている。この問題を回避するために、貼った直後に高い結合強度が得られる常温接合が提案されている(例えば、非特許文献2参照)。この方法では高真空下において貼り合わせ

10

20

30

40

50

る基板にアルゴン (A r) ビームを照射し、表面を活性化し、そのまま貼るという方法である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2005-347295号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】電波新聞ハイテクノロジー, 2012年11月8日, 「スマートフォンのRFフロントエンドに用いられるSAW-Duplexerの温度補償技術」

10

【非特許文献2】Applied Physics Letters Vol.74, Number16, pp.2387-2389, 19 APRIL 1999

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記のような常温による接合方法では、室温で高い接合強度を得られるという特徴はあるものの、このようにして得られた複合基板でも十分な接合強度を得られない場合も多い。このため、デバイス作製の途中などで剥がれを起こしてしまう可能性がある。また、長期信頼性の観点からもより完全な接合性が求められる。

20

【0009】

本発明の目的は、圧電材料層と支持基板との貼り合わせにおいて十分な接合強度を得ることができる複合基板および複合基板の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明は、第1元素を主成分とする単結晶支持基板と、単結晶支持基板の上に設けられ、第2元素(酸素を除く)を主成分とする酸化物単結晶層と、単結晶支持基板と酸化物単結晶層との間に設けられ、第1元素、第2元素およびArを含む非晶質層と、を備えた複合基板であって、非晶質層は、第1元素の割合が第2元素の割合よりも高くなる第1非晶質領域と、第2元素の割合が第1元素の割合よりも高くなる第2非晶質領域と、を有し、第1非晶質領域に含まれるArの濃度は、第2非晶質領域に含まれるArの濃度よりも高く、かつ3原子%以上であることを特徴とする。

30

【0011】

このような構成によれば、非晶質層に含まれるArの偏析および濃度によって、単結晶支持基板と酸化物単結晶層との接合強度を高めることができる。

【0012】

本発明の複合基板において、第2非晶質領域に含まれるArの濃度は3原子%未満であってもよい。これにより、単結晶支持基板と酸化物単結晶層とのさらなる接合強度の向上を図ることができる。

【0013】

40

本発明の複合基板において、単結晶支持基板は、シリコン単結晶基板およびサファイア単結晶基板よりなる群から選択された1つを含んでいてもよい。また、酸化物単結晶層は、タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムよりなる群から選択された1つを含んでいてもよい。また、酸化物単結晶層の厚さは、50 μ m以下であってもよい。これにより、薄膜の圧電デバイスに対応することができる。また、酸化物単結晶層は、単一分極とする。これにより、複合基板を表面弾性波素子として好適に使用することができる。

【0014】

本発明の複合基板の製造方法は、第1元素を主成分として含む単結晶支持基板の表面および第2元素(酸素を除く)を主成分とする酸化物単結晶基板のそれぞれの表面をArにより活性化する工程と、Arにより活性化された単結晶支持基板の表面と、Arにより活

50

性化された酸化物単結晶基板の表面とを貼り合わせ、単結晶支持基板と酸化物単結晶基板との間に第1元素、第2元素およびArを含む非晶質層を形成する工程と、酸化物単結晶基板の厚さを薄くして酸化物単結晶層を形成する工程と、熱処理工程と、を備え、非晶質層は、第1元素の割合が第2元素の割合よりも高くなる第1非晶質領域と、第2元素の割合が第1元素の割合よりも高くなる第2非晶質領域と、を有し、熱処理工程は、第1非晶質領域に含まれるArの濃度を、第2非晶質領域に含まれるArの濃度よりも高く、かつ3原子%以上にすることを含む。

【0015】

このような構成によれば、非晶質層に含まれるArの偏析および濃度によって、単結晶支持基板と酸化物単結晶層との接合強度を高めた複合基板を製造することができる。

10

【0016】

本発明の複合基板の製造方法において、熱処理工程は、第2非晶質領域に含まれるArの濃度を3原子%未満にすることを含んでいてもよい。これにより、単結晶支持基板と酸化物単結晶層との接合強度をさらに向上させた複合基板を製造することができる。

【0017】

本発明の複合基板の製造方法において、熱処理工程は、非晶質層を150以上に加熱することを含んでいてもよい。これにより、非晶質層に含まれるArを、単結晶支持基板と酸化物単結晶層との接合強度を高めることができる偏析および濃度にすることができる。

【0018】

本発明の複合基板の製造方法において、単結晶支持基板は、シリコン単結晶基板およびサファイア単結晶基板よりなる群から選択された1つを含んでいてもよい。また、酸化物単結晶層は、タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムよりなる群から選択された1つを含んでいてもよい。また、酸化物単結晶層の厚さは、50 μ m以下であってもよい。これにより、薄膜の圧電デバイスに対応することができる。

20

【0019】

本発明の複合基板の製造方法において、単結晶支持基板と酸化物単結晶層とを貼り合わせる前に、酸化物単結晶層の所定深さにイオン注入を施す工程をさらに備え、酸化物単結晶層の厚さを薄くする工程は、イオン注入された位置で酸化物単結晶基板の一部を剥離することを含んでいてもよい。これにより、イオン注入された位置で酸化物単結晶層の一部を剥離して薄膜の酸化物単結晶層を含む複合基板を製造することができる。

30

【0020】

本発明の複合基板の製造方法において、酸化物単結晶基板は単一分極とするとよい。また、複合基板の前記酸化物単結晶層を単一分極化する工程を更に備えるようにしてもよい。これらの手法により、酸化物単結晶層を単一分極とすることで、本発明の複合基板の製造方法にて製造した複合基板を表面弾性波素子として好適に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本実施形態に係る複合基板を例示する模式断面図である。

【図2】本実施形態に係る複合基板の断面写真である。

40

【図3】本実施形態に係る複合基板の製造方法を例示するフローチャートである。

【図4】(a)および(b)は、ピールテストにより微少な膜剥がれが生じた複合基板の光学顕微鏡写真である。

【図5】熱処理を行った後の複合基板の断面TEM写真である。

【図6】(a)および(b)は、熱処理前後での非晶質層の状態を示す断面TEM写真である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、以下の説明では、同一の部材には同一の符号を付し、一度説明した部材については適宜その説明を省略する。

50

【 0 0 2 3 】

〔 複合基板の構成 〕

図 1 は、本実施形態に係る複合基板を例示する模式断面図である。また、図 2 は、本実施形態に係る複合基板の断面写真である。図 2 に示す断面写真は T E M 像である。

【 0 0 2 4 】

本実施形態に係る複合基板 1 は、第 1 元素を主成分とする単結晶支持基板 1 0 と、第 2 元素（酸素を除く）を主成分とする酸化物単結晶層 2 0 と、単結晶支持基板 1 0 と酸化物単結晶層 2 0 との間に設けられ、例えば非晶質層 3 0 とを備える。

【 0 0 2 5 】

単結晶支持基板 1 0 は、複合基板 1 において薄膜である酸化物単結晶層 2 0 を支持する基板である。単結晶支持基板 1 0 の熱膨張係数は、酸化物単結晶層 2 0 の熱膨張係数よりも小さい。単結晶支持基板 1 0 には、シリコン単結晶基板およびサファイア単結晶基板よりなる群から選択された 1 つが用いられる。本実施形態では、単結晶支持基板 1 0 としてシリコン単結晶基板を用いる場合を例とする。シリコン単結晶基板を用いる場合、第 1 元素はシリコン（S i）である。

10

【 0 0 2 6 】

酸化物単結晶層 2 0 は、単結晶支持基板 1 0 の上に設けられる。酸化物単結晶層 2 0 は、単結晶支持基板 1 0 によって支持される薄膜状の圧電材料膜である。酸化物単結晶層 2 0 は、研磨や一部剥離などによって数 μm ~ 数十 μm の厚さになっている。酸化物単結晶層 2 0 は、単一分極となっているとよい。

20

【 0 0 2 7 】

酸化物単結晶層 2 0 には、タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムよりなる群から選択された 1 つが含まれる。本実施形態では、酸化物単結晶層 2 0 としてタンタル酸リチウムを用いる場合を例とする。タンタル酸リチウムを用いる場合、第 2 元素はタンタル（T a）である。

【 0 0 2 8 】

非晶質層 3 0 は、第 1 元素、第 2 元素および A r を含む。非晶質層 3 0 は、単結晶支持基板 1 0 と酸化物単結晶層 2 0 との貼り合わせの際に、貼り合わせの界面近傍に形成される。単結晶支持基板 1 0 としてシリコン単結晶基板、酸化物単結晶層 2 0 としてタンタル酸リチウムを用いた場合、貼り合わせの界面近傍には S i と T a との非晶質領域が形成され、この非晶質領域内に A r が含まれる。なお、A r は、後述する複合基板の製造方法において、単結晶支持基板 1 0 および酸化物単結晶層 2 0 のそれぞれ貼り合わせ面により活性化した際の A r である。

30

【 0 0 2 9 】

貼り合わせの界面近傍に設けられる非晶質層 3 0 は、第 1 元素（例えば、S i）の割合が第 2 元素（例えば、T a）の割合よりも高くなる第 1 非晶質領域 3 1 と、第 2 元素（例えば、T a）の割合が第 1 元素（例えば、S i）の割合よりも高くなる第 2 非晶質領域 3 2 と、を有する。第 1 非晶質領域 3 1 と第 2 非晶質領域 3 2 との境界が貼り合わせの界面となる。

【 0 0 3 0 】

図 2 の断面 T E M 像に示す point 1 ~ point 5 において、断面 T E M 像の取得と同時に極微電子線回折を実施した結果から、point 2、point 3 および point 4 は非晶質化していることが分かった。したがって、point 2、point 3 および point 4 を含む層の領域は非晶質層 3 0 となる。

40

【 0 0 3 1 】

表 1 は、図 2 の断面 T E M 像に示す point 1 ~ point 5 の各点の組成分析を E D X（エネルギー分散型 X 線分析）で行った結果である。なお、対象元素は、酸素（O）、S i、A r、T a の 4 つである。また、表 1 に示す組成分析は、単結晶支持基板 1 0 と酸化物単結晶層 2 0 とを常温接合した後、熱処理前の状態（A r を偏析させる前）である。

【 0 0 3 2 】

50

【表 1】

	Si	Ta	O	Ar
point1	0	43.3	55.8	0.9
point2	2.1	44.7	51.4	1.8
point3	94.5	0.2	3.5	1.8
point4	97.9	0	0.6	1.5
point5	98.5	0	0.8	0.7

atomic%

10

【0033】

表 1 に示すように、point 1 には Si は含まれず、point 5 には Ta は含まれない。また、point 2 では第 2 元素である Ta の割合が第 1 元素である Si の割合よりも高くなっている。一方、point 3 では第 1 元素である Si の割合が第 2 元素である Ta の割合よりも高くなっている。つまり、point 2 と point 3 との間で Si の濃度が急峻に変化していることが分かり、ここが貼り合わせの界面と考えられる。

【0034】

また、非晶質層 30 である point 3 の領域は、第 1 元素 (Si) の割合が第 2 元素 (Ta) の割合よりも高くなる第 1 非晶質領域 31 であり、point 2 の領域は、第 2 元素 (Ta) の割合が第 1 元素 (Si) の割合よりも高くなる第 2 非晶質領域 32 である。

20

【0035】

また、単結晶支持基板 10 と酸化物単結晶層 20 との貼り合わせによって非晶質層 30 が形成される原因は、表面の活性化に用いた Ar が結晶中内に残存してそのまま取り込まれるためと思われる。表 1 に示すように、単結晶支持基板 10 と酸化物単結晶層 20 とを貼り合わせた直後は point 1 ~ point 5 まで Ar が広く薄く分布していることが分かる。

【0036】

一方、貼り合わせ後に熱処理を施すことで Ar は偏析する。本願発明者は、非晶質層 30 に含まれる Ar の偏析および濃度によって、単結晶支持基板 10 と酸化物単結晶層 20 との接合強度を高めることができることを見出した。接合強度を高めることができる Ar の偏析および濃度については後述する。

30

【0037】

〔複合基板の製造方法〕

図 3 は、本実施形態に係る複合基板の製造方法を例示するフローチャートである。

先ず、ステップ S 101 に示すように、単結晶支持基板 10 と酸化物単結晶基板とを用意する。単結晶支持基板 10 には、シリコン単結晶基板およびサファイア単結晶基板よりなる群から選択された 1 つが用いられる。本実施形態では、単結晶支持基板としてシリコン単結晶基板 (例えば、シリコン単結晶ウェーハ) を用いる場合を例とする。また、酸化物単結晶基板には、タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムよりなる群から選択された 1 つが含まれる。ここで用いる酸化物単結晶層は、単一分極となっているとよい。本実施形態では、タンタル酸リチウム基板 (例えば、タンタル酸リチウムウェーハ) を用いる場合を例とする。

40

【0038】

シリコン単結晶ウェーハおよびタンタル酸リチウムウェーハのそれぞれの表面は平坦化されていることが望ましい。例えば、両ウェーハの表面粗さを RMS で 1.0 nm 以下にしておく。

【0039】

次に、ステップ S 102 に示すように、Ar による活性化を行う。すなわち、シリコン単結晶ウェーハおよびタンタル酸リチウムウェーハのそれぞれの貼り合わせを行う表面を Ar により活性化する。例えば、高真空下の Ar 雰囲気中で両ウェーハの表面を活性化処

50

理する。

【0040】

次に、ステップS103に示すように、貼り合わせを行う。先のステップS102でArにより活性化されたシリコン単結晶ウェーハおよびタンタル酸リチウムウェーハの互いの面を貼り合わせる。表面は活性化されているため、常温での接合が可能となる。この貼り合わせによって、シリコン単結晶ウェーハとタンタル酸リチウムウェーハとの貼り合わせ面の近傍には非晶質層30（第1非晶質領域31および第2非晶質領域32）が形成される。

【0041】

次に、ステップS104に示すように、酸化物単結晶層20を形成する処理を行う。すなわち、タンタル酸リチウムウェーハを研削および研磨して、所望の厚さ（例えば、50 μ m以下）にして、薄膜化した酸化物単結晶層（タンタル酸リチウム層）20を形成する。

10

【0042】

次に、ステップS105に示すように、熱処理を行う。この熱処理によって、Arの偏析を行う。具体的には、第1非晶質領域31に含まれるArの濃度を、第2非晶質領域32に含まれるArの濃度よりも高く、かつ3原子%以上にする。このような処理によって、複合基板1が完成する。

【0043】

本願発明者は、このような複合基板1およびその製造方法において様々な実験を行った結果、非晶質層30中の不純物となるArを熱処理によって単結晶支持基板10側に偏析させることで、強固な結合強度を得られるという新たな知見を得た。

20

【0044】

この際、貼り合わせ界面近傍のシリコン単結晶ウェーハ側のAr濃度が3原子%以上、それ以外の箇所では3原子%未満となることが、より強固な結合を得るための最適条件であることが判明した。

【0045】

Arをこのように偏析させることで強固な結合が得られる理由の一つとして、次のようなことが考えられる。すなわち、Arのように結合手を有さない元素は界面に局在すると界面の膜剥がれを引き起こす可能性がある。Arを比較的の不純物を含有しやすいSi側に偏析させることで、界面の結合強度を増すことができると考えられる。この時の熱処理温度や時間などは定義することは難しいが、一例として、比較的高温（例えば、250以上550以下程度）で短時間行うことも可能であり、比較的低温（例えば、150以上250以下程度）で非常に長い時間（例えば、24時間程度）行うことも可能である。

30

【0046】

この方法は研削・研磨による薄化のみならずイオン注入剥離法により得られる薄膜の結合力強化にも同様に適応が可能である。何故なら、この現象は結合界面の現象であるため、剥離のために打ち込むイオンは貼り合わせ界面とは数百nm～数 μ m程度離れていることから、接合界面での現象に与える影響は少ないためである。

40

【0047】

ここで、イオン注入剥離法は、両ウェーハを貼り合わせる前に、酸化物単結晶基板（タンタル酸リチウムウェーハ）の所定深さにイオン注入を行っておき、貼り合わせ後、このイオン注入された位置でタンタル酸リチウムウェーハの一部を剥離して酸化物単結晶層（タンタル酸リチウム層）20を形成する方法である。

【0048】

具体的には、タンタル酸リチウムもしくはニオブ酸リチウムのウェーハに予めイオンを注入したウェーハ（ドナーウェーハ）と、支持ウェーハとして石英（ガラス）、Si、サファイア等の低熱膨張係数（タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムと比較して低熱膨張係数）を有する材料を用意する。この双方のウェーハの表面粗さをRMSで1.0n

50

m以下とし、片方もしくは両方のウェーハに表面活性化処理を施す。この両ウェーハを貼り合わせた後にイオン注入した位置でドナーウェーハの一部を剥離し、タンタル酸リチウムもしくはニオブ酸リチウムの薄膜を形成する。これにより、支持ウェーハにタンタル酸リチウムもしくはニオブ酸リチウムの薄膜が支持された複合基板1が完成する。この際、剥離方法としてSiGen法のような機械剥離法が簡便な方法として挙げられるが、特に限定はされない。

【0049】

このような製造方法によって、非晶質層30に含まれるArの偏析および濃度によって、単結晶支持基板10と酸化物単結晶層20との接合強度を高めた複合基板1を得ることができる。なお、上記の製造方法において酸化物単結晶基板として単一分極であるものを用いると、当該製造方法にて製造した複合基板を表面弾性波素子として好適に使用することができる。また、上記製造方法において酸化物単結晶基板を単一分極化する工程を更に備える場合にも、同様に、当該製造方法にて製造した複合基板を表面弾性波素子として好適に使用することができる。

【0050】

〔第1実施例〕

第1実施例の条件を以下に示す。直径100mm、厚さ0.35mmのタンタル酸リチウムウェーハ(以下、「LTウェーハ」とも言う。)と支持ウェーハとなるSiウェーハを用意する。両ウェーハの表面粗さはRMSで1.0nm以下である。これらのウェーハに高真空下においてArビームを照射して、表面活性化を行った後、貼り合わせを行う。貼り合せ後にLTウェーハを5μmまで薄化し、各条件によって熱処理を施す。それぞれの熱処理条件で作成された試料についてピールテストを行う。ピールテストは、ポリイミドのテープを貼り、密着させた後に剥がすという方法である。貼り合わせの結合強度が十分で無い場合、ピールテストを行うと、図4(a)および(b)の光学顕微鏡写真に示したような微少な剥がれが生じる。ピールテストの結果及び貼り合わせウェーハ各層のArを対象元素とするEDX検査の結果を表2に示す。

【0051】

【表2】

		熱処理無し	120°C6h	150°C6h	150°C24h	200°C6h	250°C6h	300°C6h	350°C6h	400°C6h	450°C6h	500°C6h
EDX 検査結果	point1	0.9	0.6	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
	point2	1.8	2	2.1	2.9	2.8	2.6	2.4	2.1	1.7	1.5	1.4
	point3	1.8	2.3	2.8	3	3.3	3.7	3.9	5.1	7.2	8.9	12.5
	point4	1.5	1.4	1.4	2.8	2.7	2.4	1.9	1.5	0.9	0.7	0.5
	point5	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	0.2	0	0	0	0	0
ピールテスト結果	剥がれ有り	剥がれ有り	一部に剥がれ有り	剥がれ無し	剥がれ無し	剥がれ無し	剥がれ無し	剥がれ無し	剥がれ無し	剥がれ無し	剥がれ無し	剥がれ無し

atomic%

【0052】

図5は、第1実施例における熱処理の条件として、500、6時間の熱処理を行った後の複合基板1の断面TEM写真である。図6(a)および(b)は、熱処理前後での非晶質層の状態を示す断面TEM写真である。500、6時間の熱処理を行うことで、point3である非晶質層30の第1非晶質領域31のArの濃度が非常に高くなっていることが分かる。

【0053】

表1に示す結果より、貼り合わせの界面近傍のSi側(point3)のAr濃度が3原子%以上、それ以外の箇所が3原子%未満であることが高い結合力を有するための条件であることが分かる。

【0054】

〔第2実施例〕

第2実施例では、上記第1実施例において、LTウェーハの代わりにニオブ酸リチウムウェーハ(以下、「LNウェーハ」とも言う。)を用いて同様な検査を行う。第2実施例

の検査結果も第1実施例と同様である。

【0055】

〔第3実施例〕

第3実施例では、上記第1実施例において、Siウェーハの代わりにサファイアウェーハを用いて同様な検査を行う。第3実施例の検査結果も第1実施例と同様である。

【0056】

〔第4実施例〕

第4実施例では、上記第1実施例において、LTウェーハの薄化としてイオン注入剥離法を適用する。すなわち、予めLTウェーハの所定位置に水素イオンを打ち込み、Siウェーハと貼り合わせ後、機械剥離を行う。その後、各条件によって熱処理を施し、第1実施例と同様な検査を行う。第4実施例の検査結果も第1実施例と同様である。

10

【0057】

〔第5実施例〕

第5実施例では、上記第4実施例において、LTウェーハの代わりにLNウェーハを用いて同様な検査を行う。第5実施例の検査結果も第1実施例と同様である。

【0058】

〔第6実施例〕

第6実施例では、上記第4実施例と同様にLTウェーハの薄化としてイオン注入剥離法を適用する。すなわち、予めLTウェーハの所定位置に水素イオンを打ち込み、支持基板としてサファイアウェーハと貼り合わせ後、機械剥離を行った。

20

【0059】

このようにして得られた薄化LTウェーハとサファイアウェーハからなる接合基板の前記薄化LTの厚みは1 μ mであった。

【0060】

次にこのようにして得られた薄化LTウェーハとサファイアウェーハを500、6時間の熱処理を施したところ、LTウェーハとサファイアウェーハの接合界面のEDX検査結果は実施例1の表2の500、6時間処理の場合と同様であり、ピールテストを実施したところ剥がれは無い結果が得られた。

【0061】

次に、前記薄化LTウェーハを単一分極化すべく、前記薄化LTウェーハとサファイアウェーハからなる接合基板をLTのキュリー点温度以上である700に加熱し、前記接合基板ウェーハをさらに降温する過程の700～500の間に、概略+Z軸方向に4000V/mの電界を印可し、その後、温度を室温まで下げる処理を行った。前記加熱と電界印可処理を施した後の前記薄化LTウェーハとサファイアウェーハからなる接合基板接合界面のEDX検査結果は実施例1の表2の500、6時間処理の場合と同様であり、ピールテストを実施したところ剥がれは無い結果が得られた。

30

【0062】

次に前記接合基板ウェーハを、中国科学院声楽研究所製ピエゾd33メータ(型式ZJ-3BN)を用いて、前記接合基板ウェーハの主面と裏面に厚み方向の垂直振動を与えて誘起させた電圧波形を観測したところ、ウェーハの全ての場所において圧電応答を示す波形が得られ、d33値は面内一様に5pC/Nであった。

40

【0063】

第6実施例の薄化LTとサファイアウェーハからなる接合基板は、基板面内全て圧電性を有することから、単一分極され表面弾性波素子として使用可能であることが確認された。

【0064】

以上説明したように、本実施形態に係る複合基板1および複合基板1の製造方法によれば、圧電材料層と支持基板との貼り合わせにおいて十分な接合強度を得ることが可能になる。

【0065】

50

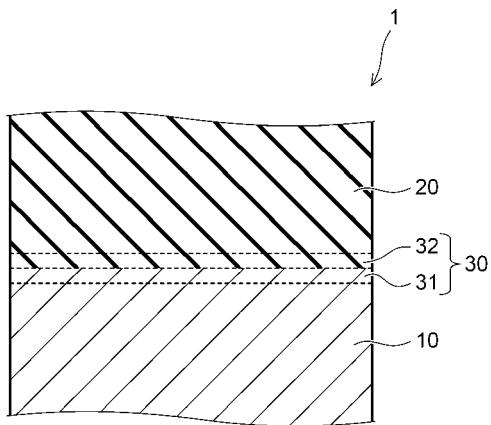
なお、上記に本実施形態を説明したが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。例えば、前述の各実施形態に対して、当業者が適宜、構成要素の追加、削除、設計変更を行ったものや、各実施形態の特徴を適宜組み合わせたものも、本発明の要旨を備えている限り、本発明の範囲に含有される。

【符号の説明】

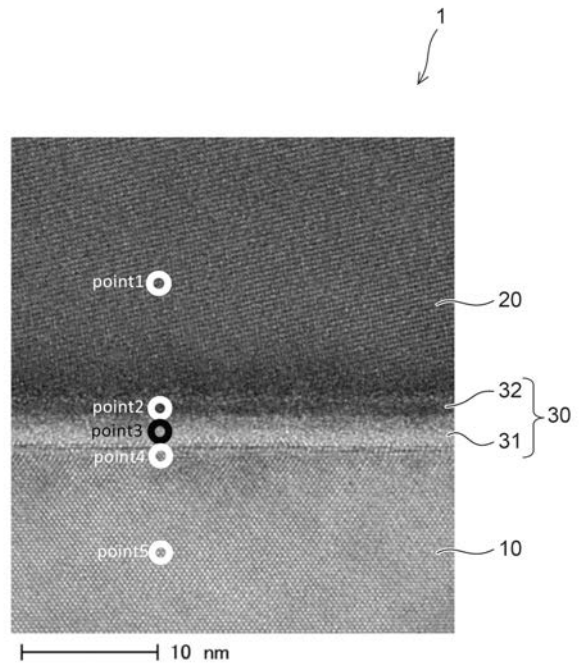
【0066】

- 1 ... 複合基板
- 10 ... 単結晶支持基板
- 20 ... 酸化物単結晶層
- 30 ... 非晶質層
- 31 ... 第1非晶質領域
- 32 ... 第2非晶質領域

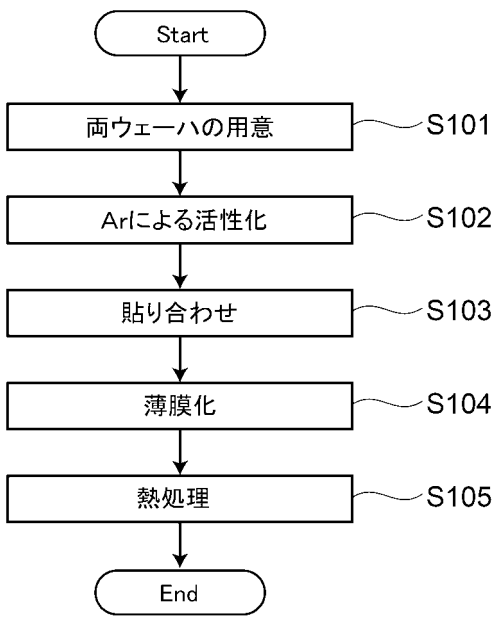
【図1】



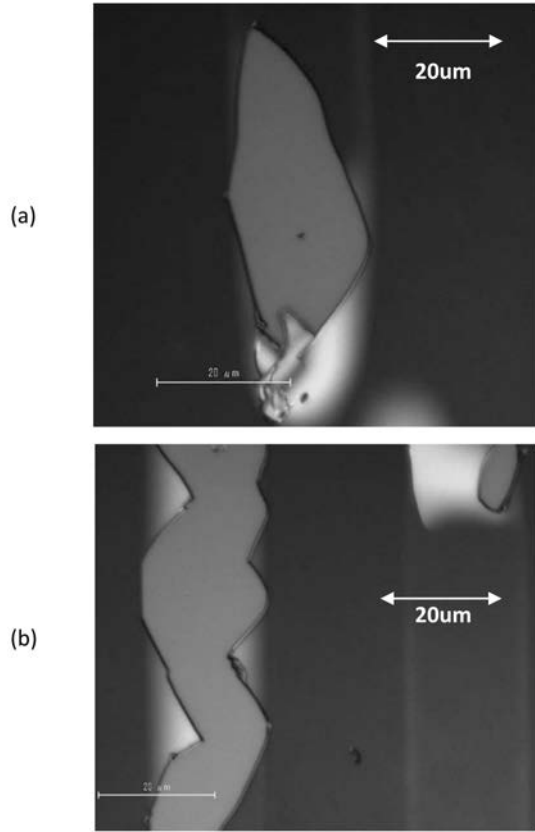
【図2】



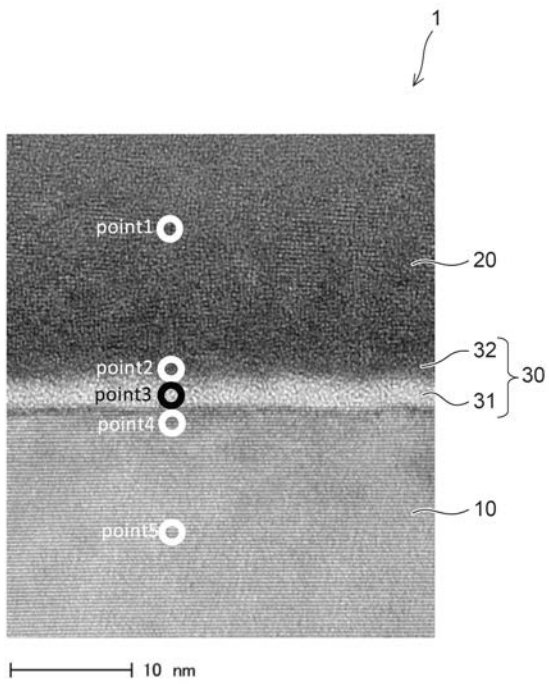
【 図 3 】



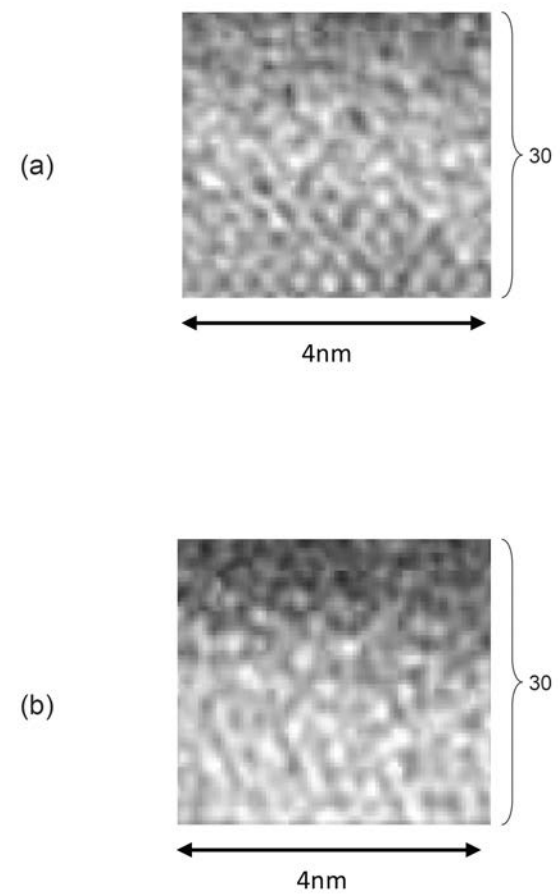
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【手続補正書】

【提出日】令和1年6月26日(2019.6.26)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1元素を主成分とし、タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムと比較して低熱膨張係数を有する支持基板と、

前記支持基板の上に設けられ、第2元素(酸素を除く)を主成分とする、タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムよりなる群から選択される酸化物単結晶層と、

前記支持基板と前記酸化物単結晶層との間に設けられ、前記第1元素、前記第2元素およびArを含む非晶質層と、を備えた複合基板であって、

前記非晶質層は、

前記第1元素の割合が前記第2元素の割合よりも高くなる第1非晶質領域と、

前記第2元素の割合が前記第1元素の割合よりも高くなる第2非晶質領域と、

を有し、

前記第1非晶質領域に含まれるArの濃度は、前記第2非晶質領域に含まれるArの濃度よりも高く、かつ3原子%以上12.5原子%以下であり、

前記第2非晶質領域に含まれるArの濃度は1.4原子%以上3原子%未満であることを特徴とする複合基板。

【請求項2】

前記酸化物単結晶層の厚さは、1μm以上50μm以下である、請求項1に記載の複合基板。

【請求項3】

前記酸化物単結晶層は、単一分極であることを特徴とする請求項1または2に記載の複合基板。

【請求項4】

タンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムと比較して低熱膨張係数を有し、第1元素を主成分として含む支持基板の表面、およびタンタル酸リチウムおよびニオブ酸リチウムよりなる群から選択され、第2元素(酸素を除く)を主成分とする酸化物単結晶基板のそれぞれの表面をArにより活性化する工程と、

前記Arにより活性化された前記支持基板の表面と、前記Arにより活性化された前記酸化物単結晶基板の表面とを貼り合わせ、前記支持基板と前記酸化物単結晶基板との間に前記第1元素、前記第2元素およびArを含む非晶質層を形成する工程と、

前記酸化物単結晶基板の厚さを薄くして酸化物単結晶層を形成する工程と、

熱処理工程と、

を備え、

前記非晶質層は、

前記第1元素の割合が前記第2元素の割合よりも高くなる第1非晶質領域と、

前記第2元素の割合が前記第1元素の割合よりも高くなる第2非晶質領域と、

を有し、

前記熱処理工程は、前記第1非晶質領域に含まれるArの濃度を、前記第2非晶質領域に含まれるArの濃度よりも高く、かつ3原子%以上12.5原子%以下でとし、

前記第2非晶質領域に含まれるArの濃度は1.4原子%以上3原子%未満にすることを有し、複合基板の製造方法。

【請求項5】

前記熱処理工程は、前記非晶質層を150 以上500 以下に加熱することを有し、

請求項 4 に記載の複合基板の製造方法。

【請求項 6】

前記酸化物単結晶層を形成する工程は、前記酸化物単結晶基板の厚さを $1\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下にすることを含む、請求項 4 または 5 に記載の複合基板の製造方法。

【請求項 7】

前記支持基板と前記酸化物単結晶基板とを貼り合わせる前に、前記酸化物単結晶基板の所定深さにイオン注入を施す工程をさらに備え、

前記酸化物単結晶層を形成する工程は、前記イオン注入された位置で前記酸化物単結晶基板の一部を剥離することを含む、請求項 4 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の複合基板の製造方法。

【請求項 8】

前記酸化物単結晶基板は単一分極であることを特徴とする請求項 4 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の複合基板の製造方法。

【請求項 9】

前記複合基板の前記酸化物単結晶層を単一分極化する工程を更に備えることを特徴とする請求項 4 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の複合基板の製造方法。