

(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
2012年6月28日(28.06.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/086639 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/145 (2006.01) H03H 9/25 (2006.01)
H03H 3/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/079496
- (22) 国際出願日: 2011年12月20日(20.12.2011)
- (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 2010-288453 2010年12月24日(24.12.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 木戸 俊介(KIDO, Syunsuke) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 岩本 英樹(IWAMOTO, Hideki) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目

10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 神藤 始(KANDO, Hajime) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 渡辺 宗久(WATANABE, Munchisa) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 宮▲崎▼・目次特許事務所(MIYAZAKI & METSUGI); 〒5400028 大阪府大阪市中央区常盤町1丁目3番8号 中央大通F Nビル Osaka (JP).

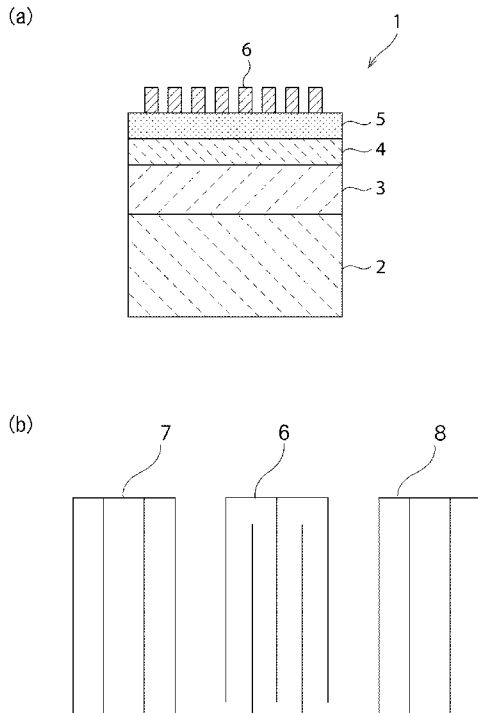
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

[続葉有]

(54) Title: ELASTIC WAVE DEVICE AND PRODUCTION METHOD THEREOF

(54) 発明の名称: 弾性波装置及びその製造方法

[図1]



(57) Abstract: Provided is an elastic wave device that can be used at high frequencies, and that is capable of increasing the Q value. The elastic wave device (1) comprises a high acoustic velocity film (3) layered on a support substrate (2), wherein the propagating bulk acoustic wave velocity is a higher velocity than the elastic acoustic wave velocity propagating a piezoelectric film (5), a low acoustic velocity film (4) layered on the high acoustic velocity film (3), wherein the propagating bulk acoustic wave velocity is a lower velocity than the bulk acoustic wave velocity propagating the piezoelectric film (5), the piezoelectric film (5) layered on the low acoustic velocity film (4), and an IDT electrode (6) layered on one side of the piezoelectric film (5).

(57) 要約: 高周波化に対応でき、かつQ値を高め得る弾性波装置を提供する。支持基板2上に、圧電膜5を伝搬する弾性波音速よりも伝搬するバルク波音速が高速である高音速膜3が積層されており、高音速膜3上に、圧電膜5を伝搬するバルク波音速よりも伝搬するバルク波音速が低速である低音速膜4が積層されており、低音速膜4上に上記圧電膜5が積層されており、圧電膜5の一方面にIDT電極6が積層されている弾性波装置1。

WO 2012/086639 A1



(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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 弾性波装置及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、共振子や帯域フィルタなどに用いられる弾性波装置及びその製造方法に関し、より詳細には、支持基板と圧電体層との間に他の材料が積層されている構造を有する弾性波装置及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、共振子や帯域フィルタとして、弾性波装置が広く用いられており、近年では、高周波化が求められている。下記の特許文献１には、誘電体基板上に、硬質誘電体層、圧電膜及びＩＤＴ電極をこの順序で積層してなる弾性表面波装置が開示されている。この弾性表面波装置では、硬質誘電体層を誘電体基板と圧電膜との間に配置することにより、弾性表面波の高音速化が図られている。それによって弾性表面波装置の高周波化が可能であるとされている。

[0003] なお、特許文献１では、上記硬質誘電体層と、圧電膜との間に、等電位層を設けた構造も開示されている。等電位層は、金属または半導体からなる。等電位層は、圧電膜と硬質誘電体層との界面における電位を等電位化するために設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２００４－２８２２３２

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献１に記載の弾性表面波装置では、硬質誘電体層の形成により高音速化が図られている。しかしながら、伝搬損失が少なからず存在し、弾性表面波を効果的に圧電薄膜中に閉じ込めることができいないため、弾性表面波装置のエネルギーが誘電体基板に漏れ、そのためＱ値を高めることができ

ないという問題があった。

[0006] 本発明の目的は、Q値の高い弾性波装置及びその製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明に係る圧電膜を有する弾性波装置は、圧電膜を伝搬する弾性波音速より伝搬するバルク波音速が高速である高音速支持基板と、高音速支持基板上に積層されており、圧電膜を伝搬するバルク波音速より伝搬するバルク波音速が低速である低音速膜と、低音速膜上に積層された圧電膜と、圧電膜の一方面に形成されているIDT電極とを備える。

[0008] 本発明に係る圧電膜を有する弾性波装置は、圧電膜を伝搬する弾性波のエネルギーの一部が、低音速膜および高音速支持基板中に分布することを特徴とする。

[0009] 本発明に係る圧電膜を有する弾性波装置は、支持基板と、前記支持基板上に形成されており、前記圧電膜を伝搬する弾性波音速より伝搬するバルク波音速が高速である高音速膜と、前記高音速膜上に積層されており、前記圧電膜を伝搬するバルク波音速より伝搬するバルク波音速が低速である低音速膜と、前記低音速膜上に積層された圧電膜と、前記圧電膜の一方面に形成されているIDT電極とを備える。

[0010] 本発明に係る圧電膜を有する弾性波装置は、圧電膜を伝搬する弾性波のエネルギーの一部が、低音速膜および高音速膜中に分布することを特徴とする。

[0011] 本発明に係る弾性波装置のある特定の局面では、上記低音速膜が、酸化ケイ素、あるいは酸化ケイ素を主成分とする膜からなる。この場合には、周波数温度係数TCFの絶対値を小さくすることができる。また、電気機械結合係数を大きくすることができ、比帯域を拡大することができる。すなわち、温度特性の改善と、比帯域の拡大とを同時に実現することができる。

[0012] 本発明に係る弾性波装置の他の特定の局面では、前記圧電膜の膜厚が、IDT電極の電極周期で定まる弾性波の波長を λ としたときに、 1.5λ 以下

とされている。この場合には、圧電膜の膜厚を 1.5λ 以下の範囲内で選択することにより、電気機械結合係数を容易に調整することができる。

[0013] 本発明に係る弾性波装置の他の特定の局面では、前記圧電膜の膜厚が、 1DT 電極の電極周期で定まる弾性波の波長を λ としたときに、 $0.05\lambda \sim 0.5\lambda$ の範囲内で選択することにより、広い範囲で電気機械結合係数を容易に調整できる。

[0014] 本発明に係る弾性波装置のさらに他の特定の局面では、前記低音速膜の膜厚が、 1DT 電極の電極周期で定まる弾性波の波長を λ としたときに、 2λ 以下である。この場合には、低音速膜の膜厚を 2λ 以下の範囲内で選択することにより、電気機械結合係数を容易に調整することができる。また、低音速膜の膜応力による弾性波装置の反りが低減される。従って、設計の自由度を高めることができるとともに、取り扱いやすい高品質な弾性波装置を提供できる。

[0015] 本発明に係る弾性波装置のさらに別の特定の局面では、前記圧電膜が、オイラー角 $(0 \pm 5^\circ, \theta, \phi)$ の単結晶タンタル酸リチウムからなり、オイラー角 $(0 \pm 5^\circ, \theta, \phi)$ が図17に示す複数の領域 $R1$ のいずれかの範囲内にある。この場合には、弾性波のうちの SH 成分の電気機械結合係数を 2% 以上とすることができる。従って、電気機械結合係数を十分に高めることができる。

[0016] 本発明に係る弾性波装置のさらに別の特定の局面では、前記圧電膜が、オイラー角 $(0 \pm 5^\circ, \theta, \phi)$ の単結晶タンタル酸リチウムからなり、オイラー角 $(0 \pm 5^\circ, \theta, \phi)$ が図18に示す複数の領域 $R2$ のいずれかの範囲内にある。この場合には、使用する SH 成分の電気機械結合係数を高め、スプリアスとなる SV 波を効果的に抑制することができる。

[0017] 本発明に係る弾性波装置のさらに別の特定の局面では、前記支持基板の線膨張係数が、前記圧電膜の線膨張係数よりも小さい。この場合には、温度特性をより一層改善することができる。

[0018] 本発明に係る弾性波装置のさらに別の特定の局面では、前記低音速膜の固

有音響インピーダンスが、前記圧電膜の固有音響インピーダンスよりも小さい。この場合には、さらに比帯域を拡大することができる。

[0019] 本発明に係る弾性波装置のさらに他の特定の局面では、前記圧電膜および前記 I D T 電極の上に誘電体膜が形成されており、前記圧電膜を弾性表面波が伝搬する。

[0020] 本発明に係る弾性波装置のさらに別の特定の局面では、前記圧電膜および前記 I D T 電極の上に誘電体膜が形成されており、前記圧電膜と前記誘電体膜との境界を弾性境界波が伝搬する。

[0021] 本発明に係る弾性波装置のさらに他の特定の局面では、前記圧電膜および前記低音速膜および前記高音速膜および前記支持基板の少なくとも 1 つの境界に、密着層、下地膜、低音速層及び高音速層の内の少なくとも 1 つの層が形成されている。

[0022] 本発明に係る弾性波装置の製造方法は、支持基板を用意する工程と、前記支持基板上に、圧電体を伝搬する弾性波音速より伝搬するバルク波音速が高速である高音速膜を形成する工程と、前記高音速膜上に、圧電体を伝搬するバルク波音速より伝搬するバルク波音速が低速である低音速膜を形成する工程と、前記低音速膜上に、圧電体層を形成する工程と、前記圧電体層の一方面に I D T 電極を形成する工程とを備える。

[0023] 本発明に係る弾性波装置の製造方法のある特定の局面では、支持基板上に、高音速膜、低音速膜および圧電体層を形成する工程が、下記の (a) ~ (e) の工程を備える。

[0024] (a) 前記圧電体層よりも厚みの厚い圧電基板の一方面からイオン注入する工程。

[0025] (b) 前記イオン注入が行われた圧電基板の前記一方の面に低音速膜を形成する工程。

[0026] (c) 前記低音速膜の前記圧電基板と反対側の面に高音速膜を形成する工程。

[0027] (d) 前記高音速膜の前記低音速膜が積層されている側の面と反対側の面

に支持基板を接合する工程。

[0028] (e) 前記圧電基板を加熱しつつ、前記圧電基板の注入イオン濃度が最も高い高濃度イオン注入部分において、圧電膜と残りの圧電基板部分とを分離し、前記低音速膜側に圧電膜を残存させる工程。

[0029] 本発明に係る弾性波装置の製造方法のさらに別の特定の局面では、前記残りの圧電基板部分を分離した後に、前記低音速膜上に積層されている前記圧電膜を加熱し、圧電性を回復させる工程がさらに備えられている。この場合には、加熱により圧電膜の圧電性を回復させることができるので、良好な特性の弾性波装置を提供することができる。

[0030] 本発明に係る弾性波装置の製造方法のさらに別の特定の局面では、前記支持基板を接合するに先立ち、前記高音速膜の前記低音速膜とは反対側の面を鏡面加工する工程がさらに備えられている。この場合には、高音速膜と支持基板の接合を強化することができる。

発明の効果

[0031] 本発明に係る弾性波装置では、支持基板と圧電膜との間に、高音速膜及び低音速膜が配置されているため、Q値を高めることが可能となる。従って、高いQ値を有する弾性波装置を提供することが可能となる。

[0032] また、本発明に係る製造方法によれば、Q値の高い、本発明の弾性波装置を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]図1(a)は、本発明の第1の実施形態に係る弾性表面波装置の模式的正面断面図であり、図1(b)は、その電極構造を示す模式的平面図である。

[図2]図2は、第1の実施形態、第1の比較例及び第2の比較例の弾性表面波装置のインピーダンス特性を示す図である。

[図3]図3は、第1の実施形態、第1の比較例及び第2の比較例の弾性表面波装置のインピーダンススミスチャートを示す図である。

[図4]図4(a)及び図4(b)は、本発明の第1の実施形態の弾性表面波装置における、AINの膜厚とエネルギーの集中の様子に関する、IDT電極

部分におけるシミュレーション結果を示す図である。

[図5]図5は、第1の実施形態の弾性表面波装置及び第1及び第2の比較例の弾性表面波装置のインピーダンス特性をFEMによりシミュレーションした結果を示す図である。

[図6]図6は、第1の実施形態及び第1、第2の比較例の弾性表面波装置におけるQ値と周波数との関係をFEMによりシミュレーションの結果を示す図である。

[図7]図7は、本発明の弾性表面波装置における LiTaO_3 からなる圧電膜の膜厚と、音速と、 SiO_2 からなる低音速膜の規格化膜厚との関係を示す図である。

[図8]図8は、本発明の弾性表面波装置における LiTaO_3 からなる圧電膜の膜厚と、 SiO_2 からなる低音速膜の規格化膜厚と、電気機械結合係数との関係を示す図である。

[図9]図9は、本発明の弾性表面波装置における LiTaO_3 からなる圧電膜の膜厚と、 SiO_2 からなる低音速膜の規格化膜厚と、TCVとの関係を示す図である。

[図10]図10は、本発明の弾性表面波装置における LiTaO_3 からなる圧電膜の膜厚と、 SiO_2 からなる低音速膜の規格化膜厚と、比帯域との関係を示す図である。

[図11]図11は、第3の比較例～第5の比較例の弾性表面波装置における比帯域BWと、TCFとの関係を示す図である。

[図12]図12は、本発明の第1の実施形態の弾性表面波装置における比帯域と周波数温度係数TCVと、 SiO_2 からなる低音速膜の規格化膜厚との関係を示す図である。

[図13]図13は、本発明の第2の実施形態の弾性表面波装置における LiTaO_3 からなる圧電膜の厚みと、共振点における音速及び反共振点における音速との関係を示す図である。

[図14]図14は、本発明の第2の実施形態の弾性表面波装置における LiTaO_3

a O₃からなる圧電膜の厚みと、比帯域との関係を示す図である。

[図15]図15は、本発明の第3の実施形態の弾性表面波装置におけるS i O₂膜の規格化膜厚と、高音速膜の材質との関係を示す図である。

[図16]図16は、本発明の第3の実施形態の弾性表面波装置におけるS i O₂膜の規格化膜厚と、電気機械結合係数と、高音速膜の材質との関係を示す図である。

[図17]図17は、本発明の第4の実施形態の弾性表面波装置におけるオイラー角(0±5°, θ, φ)のL i T a O₃膜において、U2(SH)モードを主成分とする弾性表面波モードの電気機械結合係数が2%以上である複数の領域R1を示す図である。

[図18]図18は、本発明の第4の実施形態の弾性表面波装置におけるオイラー角(0±5°, θ, φ)のL i T a O₃膜において、U2モードを主成分とする弾性表面波モードの電気機械結合係数が2%以上であり、かつスプリアスとなるU3(SV)モードを主成分とする弾性表面波モードの電気機械結合係数が1%以下となる複数の領域R2を示す図である。

[図19]図19(a)～図19(c)は、本発明の第6の実施形態の弾性表面波装置における、低音速膜の固有音響インピーダンスと比帯域との関係を示す図である。

[図20]図20(a)～図20(c)は、本発明の第6の実施形態の弾性表面波装置における、低音速膜の固有音響インピーダンスと弾性表面波の音速との関係を示す図である。

[図21]図21(a)～図21(e)は、本発明の第1の実施形態の弾性表面波装置の製造方法を説明するための各正面断面図である。

[図22]図22(a)～図22(c)は、本発明の第1の実施形態の弾性表面波装置の製造方法を説明するための各正面断面図である。

[図23]図23は、本発明の第7の実施形態に係る弾性表面波装置の模式的正面断面図である。

[図24]図24は、本発明の第8の実施形態に係る弾性表面波装置の模式的正

面断面図である。

[図25]図25は、本発明の第9の実施形態に係る弾性表面波装置の模式的正面断面図である。

[図26]図26は、本発明の第10の実施形態の弾性表面波装置における圧電薄膜の厚みを変化させた場合の SiO_2 膜の膜厚と、 Q_{max} 値との関係を示す図である。

[図27]図27は、本発明の第11の実施形態としての弾性表面波装置の模式的正面断面図である。

[図28]図28は、本発明の第12の実施形態に係る弾性境界波装置の模式的正面断面図である。

[図29]図29は、本発明の第13の実施形態に係る弾性境界波装置の模式的正面断面図である。

発明を実施するための形態

[0034] 以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施形態を説明することにより、本発明を明らかにする。

[0035] 図1(a)は、本発明の第1の実施形態としての弾性表面波装置の模式的正面断面図である。

[0036] 弾性表面波装置1は、支持基板2を有する。支持基板2上に、音速が相対的に高い高音速膜3が積層されている。高音速膜3上に、音速が相対的に低い低音速膜4が積層されている。また、低音速膜4上に圧電膜5が積層されている。この圧電膜5の上面にIDT電極6が積層されている。なお、圧電膜5の下面にIDT電極6が積層されていてもよい。

[0037] 上記支持基板2は、高音速膜3、低音速膜4、圧電膜5及びIDT電極6を有する積層構造を支持し得る限り、適宜の材料により構成することができる。このような材料としては、サファイア、リチウムタンタレート、リチウムニオブेट、水晶等の圧電体、アルミナ、マグネシア、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、炭化ケイ素、ジルコニア、コーゾライト、ムライト、ステアタイト、フォルステライト等の各種セラミック、ガラス等の誘電体または

シリコン、窒化ガリウム等の半導体及び樹脂基板等を用いることができる。
本実施形態では、支持基板 2 は、ガラスからなる。

[0038] 上記高音速膜 3 は、弾性表面波を圧電膜 5 及び低音速膜 4 が積層されている部分に閉じ込め、高音速膜 3 より下の構造に漏れないように機能する。本実施形態では、高音速膜 3 は、窒化アルミニウムからなる。もっとも、上記弾性波を閉じ込め得る限り、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、炭化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、DLC 膜またはダイヤモンド、前記材料を主成分とする媒質、前記材料の混合物を主成分とする媒質等のさまざまな高音速材料を用いることができる。弾性表面波を圧電膜 5 及び低音速膜 4 が積層されている部分に閉じ込めるには、高音速膜 3 の膜厚は厚いほど望ましく、弾性表面波の波長の λ の 0.5 倍以上、さらには 1.5 倍以上であることが望ましい。

[0039] なお、本明細書において、高音速膜とは、圧電膜 5 を伝搬する表面波や境界波の弾性波よりも、該高音速膜中のバルク波の音速が高速となる膜を言うものとする。また、低音速膜とは、圧電膜 5 を伝搬するバルク波よりも、該低音速膜中のバルク波の音速が低速となる膜を言うものとする。また、ある構造上の IDT 電極からは様々な音速の異なるモードの弾性波が励振されることになるが、圧電膜 5 を伝搬する弾性波とは、フィルタや共振子の特性を得るために利用する特定のモードの弾性波を示す。上記バルク波の音速を決定するバルク波のモードは、圧電膜 5 を伝搬する弾性波の使用モードに応じて定義される。高音速膜 3 及び低音速膜 4 がバルク波の伝搬方向に関し等方性の場合には、下記の表 1 に示すようになる。すなわち、下記の表 1 の左軸の弾性波の主モードに対し下記の表 1 の右軸のバルク波のモードにより、上記高音速及び低音速を決定する。P 波は縦波であり、S 波は横波である。

[0040] なお、下記の表 1 において、U1 は P 波を主成分とし、U2 は SH 波を主成分とし、U3 は SV 波を主成分とする弾性波を意味する。

[0041]

[表1]

圧電膜の弾性波モードと誘電体膜のバルク波モードの対応(誘電体膜が等方性材質の場合)	
圧電膜を伝搬する弾性波の主モード	誘電体膜中を伝搬するバルク波のモード
U1	P波
U2	S波
U3+U1	S波

[0042] 上記低音速膜4及び高音速膜3がバルク波の伝搬性において異方性である場合には下記の表2に示すように高音速及び低音速を決定するバルク波のモードが決まる。なお、バルク波のモードのうち、SH波とSV波のより遅い方が遅い横波と呼ばれ、速い方が速い横波と呼ばれる。どちらが遅い横波になるかは、材料の異方性により異なる。回転Yカット付近の LiTaO_3 や LiNbO_3 では、バルク波のうちSV波が遅い横波、SH波が速い横波となる。

[0043] [表2]

圧電膜の弾性波モードと誘電体膜のバルク波モードの対応(誘電体膜が異方性材質の場合)	
圧電膜を伝搬する弾性波の主モード	誘電体膜中を伝搬するバルク波のモード
U1	P波
U2	SH波
U3+U1	SV波

[0044] 本実施形態では、上記低音速膜4は酸化ケイ素からなり、その膜厚は、IDT電極の電極周期で定まる弾性波の波長を λ とすると、 0.35λ である。

[0045] 上記低音速膜4を構成する材料としては圧電膜5を伝搬するバルク波よりも低音速のバルク波音速を有する適宜の材料を用いることができる。このような材料としては、酸化ケイ素、ガラス、酸窒化ケイ素、酸化タンタル、また、酸化ケイ素にフッ素や炭素やホウ素を加えた化合物など、前記材料を主成分とした媒質を用いることができる。

[0046] 上記低音速膜及び高音速膜は、上記のように決定される高音速及び低音速を実現し得る適宜の誘電体材料からなる。

[0047] 圧電膜5は、本実施形態では、 38.5° Yカットの LiTaO_3 すなわちオイラー角で $(0^\circ, 128.5^\circ, 0^\circ)$ の LiTaO_3 からなり、膜厚は、IDT電極6の電極周期で定まる弾性表面波の波長を λ とすると、 0.25λ である。もっとも、圧電膜5は、他のカット角の LiTaO_3 により形成

してもよく、あるいは LiTaO_3 以外の圧電単結晶により形成してもよい。

[0048] IDT電極6は、本実施形態では、Alからなる。もっとも、IDT電極6は、Al、Cu、Pt、Au、Ag、Ti、Ni、Cr、Mo、Wまたはこれらの金属のいずれかを主体とする合金などの適宜の金属材料により形成することができる。また、IDT電極6は、これらの金属もしくは合金からなる複数の金属膜を積層した構造を有していてもよい。

[0049] 図1(a)では略図的に示しているが、圧電膜5上に、図1(b)に示す電極構造が形成されている。すなわち、IDT電極6と、IDT電極6の弾性表面波電極方向両側に配置された反射器7、8が形成されている。それによって、1ポート型弾性表面波共振子が構成されている。もっとも、本発明におけるIDT電極を含む電極構造は特に限定されず、適宜の共振子や共振子を組み合わせたラダーフィルタ、縦結合フィルタ、ラチス型フィルタ、トランスバーサル型フィルタを構成するように変形し得る。

[0050] 本実施形態の弾性表面波装置1の特徴は、上記高音速膜3、低音速膜4及び圧電膜5が積層されていることにある。それによってQ値の増大を図ることができる。この理由は、以下の通りである。

[0051] 従来、圧電基板の下面に高音速膜を配置することにより、弾性表面波の一部が高音速膜中にエネルギーを分布させながら伝搬するため、弾性表面波の高音速化を図り得ることが知られている。

[0052] これに対して、本願発明では、上記高音速膜3と、圧電膜5との間に上記低音速膜4が配置されているため、弾性波の音速が低下する。弾性波は本質的に低音速な媒質にエネルギーが集中する。従って、圧電膜5内及び弾性波が励振されているIDT内への弾性波エネルギーの閉じ込め効果を高めることができる。そのため、低音速膜4が設けられていない場合に比べて、本実施形態によれば、損失を低減し、Q値を高めることができる。また、高音速膜3は、弾性波を圧電膜5及び低音速膜4が積層されている部分に閉じ込め、高音速膜3より下の構造に漏れないように機能している。即ち、本願の構造では、フィルタや共振子の特性を得るために利用する特定のモードの弾性

波のエネルギーは圧電膜 5 及び低音速膜 4 の全体に分布し、高音速膜 3 の低音速膜側の一部にも分布し、支持基板 2 には分布しないことになる。高音速膜により弾性波を閉じ込めるメカニズムは非漏洩な SH 波であるラブ波型の表面波の場合と同様のメカニズムであり、例えば、文献「弾性表面波デバイスシミュレーション技術入門」、橋本研也、リアライズ社、P 90-P 91 に記載されている。前記メカニズムは、音響多層膜によるブラッグ反射器を用いた閉じ込めるメカニズムとは異なる。

- [0053] 加えて、本実施形態では、低音速膜 4 が酸化ケイ素からなるため、温度特性を改善することができる。LiTaO₃の弾性定数は負の温度特性を有し、酸化ケイ素は正の温度特性を有する。従って、弾性表面波装置 1 では、TCF の絶対値を小さくすることができる。加えて、酸化ケイ素の固有音響インピーダンスはLiTaO₃の固有音響インピーダンスより小さい。従って、電気機械結合係数の増大すなわち比帯域の拡大と、周波数温度特性の改善との双方を図ることができる。
- [0054] さらに、圧電膜 5 の厚み及び高音速膜 3 及び低音速膜 4 の厚みを調整することにより、後述するように、電気機械結合係数を広い範囲内で調整することができる。従って、設計の自由度を高めることができる。
- [0055] 次に上記実施形態の弾性表面波装置の具体的な実験例を説明し、上記実施形態の作用効果を明らかにする。
- [0056] 上記第 1 の実施形態の弾性表面波装置 1 と、下記の第 1 及び第 2 の比較例の弾性表面波装置を作成した。
- [0057] 第 1 の実施形態：上から順に、Al 電極（厚み 0.08 μ m）／38.5° Y カットの LiTaO₃ 薄膜（厚み 0.25 μ m）／酸化ケイ素膜（厚み 0.35 μ m）／窒化アルミニウム膜（1.5 μ m）／ガラスからなる支持基板。
- [0058] 第 1 の比較例：上から順に Al からなる電極（厚み 0.08 μ m）／38.5° Y カットの LiTaO₃ 基板。第 1 の比較例では、厚み 350 μ m の LiTaO₃ 基板上に上記 Al からなる電極を形成した。
- [0059] 第 2 の比較例：上から順に Al 電極（厚み 0.08 μ m）／38.5° Y カ

ットのLiTaO₃膜の厚み0.5λ/窒化アルミニウム膜（厚み1.5λ）
／ガラスからなる支持基板。

[0060] なお、第1の実施形態及び第1及び第2の比較例の弾性表面波装置において、電極は図1（b）で示した1ポート型弾性表面波共振子構造の電極とした。また、IDT電極の電極周期で定まる弾性表面波の波長λは、2μmとした。上記38.5° YカットLiTaO₃を伝搬する弾性表面波の主たるモードはU2モードであり、音速は約3950m/秒である。また、回転YカットのLiTaO₃を伝搬するバルク波の音速は、Yカット上であれば回転する角度によらず一定で、SVバルク波（遅い横波）が3367m/秒、SHバルク波（速い横波）が4212m/秒である。また、第1の実施形態及び第2の比較例における窒化アルミニウム膜は等方膜であり、窒化アルミニウム膜におけるバルク波（S波）の音速は6000m/秒である。また、第1の実施形態で作成した低音速膜4としての酸化ケイ素膜は等方膜であり、酸化ケイ素におけるバルク波（S波）の音速は3750m/秒である。従って、圧電体を伝搬する表面波の主モードがU2モードであるため、以下の条件を満たす。（1）高音速膜のバルク波（S波）音速：6000m/秒＞表面波の主たるモード（U2）の音速：3950m/秒かつ、（2）低音速膜のバルク波（S波）音速：3750m/秒＜圧電膜を伝搬するバルク波（SH）音速：4212m/秒

[0061] 図2は、上記第1の実施形態、第1及び第2比較例の弾性表面波装置のインピーダンス周波数特性を示し、図3はインピーダンススミスチャートを示す。

[0062] また、下記の表3に、上記第1の実施形態、第1及び第2の比較例の弾性表面波装置の共振周波数におけるQ値、反共振周波数におけるQ値、比帯域幅及び共振周波数についてのTCFを実測によりそれぞれ求めた。

[0063] 結果を下記の表3に示す。

[0064]

[表3]

	Q (共振)	Q (反共振)	比帯域[%]	TCF[ppm/°C] (共振)
第1の比較例	818	527	3.2	-45
第2の比較例	777	1285	4.1	-45
第1の実施形態	1026	2080	4.4	-25

[0065] 図2及び図3において、実線が第1の実施形態の結果を、破線が第2の比較例の結果を、一点鎖線が第1の比較例の結果を示す。

[0066] 図2及び図3から明らかなように、第1の比較例に比べ、第2の比較例及び第1の実施形態によれば、山谷比が大きくなることがわかる。なお、山谷比とは共振周波数におけるインピーダンスに対する反共振周波数におけるインピーダンスの比を示し、この値が高いほどQ値が高く、挿入損失が小さいフィルタを構成し得る。特に、第1の実施形態によれば、第2の比較例に比べて、山谷比は、さらに大きくなることがわかる。また、第2の比較例に比べて、第1の実施形態によれば、共振周波数と反共振周波数との周波数差、すなわち比帯域を大きくできることがわかる。

[0067] 具体的には、表2から明らかなように、第1の実施形態によれば、第1の比較例及び第2の比較例に比べ、共振周波数におけるQ値を高めることができ、特に反共振周波数におけるQ値を大幅に高め得ることがわかる。すなわち、Q値が高い1ポート型弾性表面波共振子を構成し得るので、上記弾性表面波装置1を用いて、挿入損失が小さいフィルタを構成し得ることがわかる。また、比帯域は、第1の比較例において3.2%、第2の比較例において4.1%であった。これに対して、上記第1の実施形態では、4.4%と広くなることがわかる。

[0068] 加えて、表3から明らかなように、酸化ケイ素膜が形成されているため、第1の実施形態によれば、第1及び第2の比較例に比べて、TCFの絶対値を大幅に小さくし得ることがわかる。

[0069] 図5及び図6において、一点鎖線が第1の実施形態を、破線が第1の比較例を、実線が第2の比較例のFEMシミュレーションによる結果を示す。FEMシミュレーションは1ポート共振子を想定し、デューティ=0.5、公

差幅20λ、対数100対を前提としている。

[0070] 前述した実験結果と同様に、FEMによるシミュレーション結果においても、図6から明らかなように、Q値を第1及び第2の比較例に比べて高め得ることがわかる。

[0071] 従って、上記第1の実施形態及び第1及び第2の比較例についての実験結果及び上記FEMによるシミュレーション結果から明らかなように、酸化ケイ素からなる低音速膜4を窒化アルミニウムからなる高音速膜3とLiTaO₃からなる圧電膜5との間に配置することにより、Q値を高め得る効果を確認することができた。このように、Q値を高め得るのは、高音速膜3の形成により弾性表面波エネルギーを圧電膜5及び低音速膜4及び高音速膜3内に効率的に閉じ込めるとともに、低音速膜4の形成により、弾性表面波エネルギーのIDT電極外への漏れを抑制する効果を高め得るためと考えられる。

[0072] 従って、上記のように低音速膜4を圧電膜5と高音速膜3との間に配置したことにより得られる効果であるため、圧電膜を構成する材料については、上記38.5° YカットLiTaO₃に限定されるものではない。他のカット角のLiTaO₃を用いた場合でも同様の効果を得ることができる。また、LiTaO₃以外のLiNbO₃等の他の圧電単結晶やZnO、AlN等の圧電薄膜、PZT等の圧電セラミクスを用いた場合においても同様の効果を得ることができる。

[0073] また、高音速膜3は、弾性表面波のエネルギーの大部分を圧電膜5及び低音速膜4が積層されている部分に閉じ込める役割を果たしている。従って、窒化アルミニウム膜はC軸配向した異方性のある膜でもよく、また窒化アルミニウム膜に限らず、前述した種々の高音速膜3を構成し得る材料を用いた場合においても、同様の効果を得ることができることを予想することができる。

[0074] また、低音速膜の酸化ケイ素は、圧電膜を伝搬するバルク波の音速よりバルク波の音速が低い限り、特に限定されるものではない。従って、低音速膜4を構成する材料は、酸化ケイ素に限定されない。よって、前述した低音速

膜4を構成し得る材料として例示した様々な材料を用いることができる。

[0075] (第2の実施形態)

第2の実施形態として、以下の構成の弾性表面波装置について、その特性を有限要素法でシミュレーションした。電極構造は図1(b)と同様とした。

[0076] IDT電極は、厚み0.08λのAl膜とした。圧電膜は、38.5° YカットのLiTaO₃からなり、その厚みは0~3λの範囲とした。低音速膜は、酸化ケイ素からなり、その厚みは0~2λとした。高音速膜は酸化アルミニウムからなり、その厚みは1.5λとした。支持基板はアルミナからなる。

[0077] 結果を図7~図10に示す。

[0078] 図7は、LiTaO₃の膜厚と、使用するモードであるU2モードの音速と、酸化ケイ素膜の規格化膜厚との関係を示す図である。また、図7は、LiTaO₃の膜厚と、使用するモードであるU2モードの電気機械結合係数 k^2 と、酸化ケイ素膜の規格化膜厚との関係を示す図である。

[0079] 図7から明らかなように、酸化ケイ素膜の規格化膜厚の膜厚が0.0、すなわち酸化ケイ素膜を形成していない場合に比べ、酸化ケイ素膜を形成することにより、LiTaO₃からなる圧電膜の厚みが0.05λ~0.5λの広い範囲にわたり、音速のばらつきが少ないことがわかる。

[0080] また、図8より、酸化ケイ素膜を形成していない場合に比べ、酸化ケイ素膜を形成することにより、LiTaO₃膜の膜厚が0.35λ以下と薄い場合であっても、酸化ケイ素膜の膜厚を制御することにより、電気機械結合係数 k^2 を0.08以上と高めることがわかる。

[0081] 図9は、LiTaO₃膜の膜厚と、周波数温度係数TCVと酸化ケイ素膜の規格化膜厚との関係を示す図である。図10は、LiTaO₃膜の膜厚と、比帯域と酸化ケイ素膜の規格化膜厚との関係を示す図である。

[0082] なお、 $TCF = TCV - \alpha$ である。 α は伝搬方向における線膨張係数を示し、LiTaO₃の場合、約16ppm/°Cである。

- [0083] 図9から明らかなように、酸化ケイ素膜を形成することにより、酸化ケイ素膜を形成しない場合に比べて、TCVの絶対値を一層小さくし得ることがわかる。加えて、図10から明らかなように、 LiTaO_3 からなる圧電膜の膜厚が0.35 μm 以下と薄い場合であっても、酸化ケイ素膜の膜厚を調整することにより、比帯域を調整し得ることがわかる。
- [0084] また、酸化ケイ素膜の厚みが2 μm より厚くなると、応力が発生して弾性表面波装置に反りが生じて、取り扱いが困難になるなどの不具合が発生する。従って、酸化ケイ素膜の厚みは2 μm 以下とするのがよい。
- [0085] 従来、 LiTaO_3 上にIDTを形成し、さらにIDT上に酸化ケイ素を形成した積層構造を用いることにより、弾性表面波装置におけるTCFの絶対値を小さくし得ることがしられていた。しかしながら、図11から明らかなようにTCVの絶対値を小さくしようとした場合、すなわちTCFの絶対値を小さくしようとした場合、比帯域の拡大と、TCFの絶対値の低減とを両立することができなかった。それに対して、高音速膜と低音速膜とを積層してなる本発明の構造を用いることにより、TCFの絶対値の低減と、比帯域の拡大とを図ることができる。これを、図11及び図12を参照して説明する。
- [0086] 図11は、従来の弾性表面波装置として、下記の第3～第5の比較例の弾性表面波装置における比帯域とTCFとの関係を示す図である。
- [0087] 第3の比較例：Alからなる電極／42° Yカットの LiTaO_3 の積層構造、SH波を利用。
- [0088] 第4の比較例：酸化ケイ素膜／Cuからなる電極／38.5° Yカットの LiTaO_3 基板の積層構造、SH波を利用。
- [0089] 第5の比較例：酸化ケイ素膜／Cuからなる電極／128° Yカットの LiNbO_3 基板の積層構造、SV波を利用。
- [0090] 図11から明らかなように、第3比較例～第5の比較例のいずれにおいても、比帯域BWが大きくなるにつれて、TCFの絶対値が大きくなっていることがわかる。

[0091] 図12は、上記第2の実施形態の各酸化ケイ素膜厚の水準において、弾性表面波装置の LiTaO_3 の規格化膜厚を $0.1 \sim 0.5 \lambda$ の範囲で変化させた場合における比帯域BW(%)と、周波数温度係数TCVの関係を示す図である。図12から明らかなように、本実施形態では、比帯域BWを大きくした場合であっても、TCVの絶対値は大きくならないことがわかる。すなわち、酸化ケイ素膜の膜厚を調整することにより、比帯域を大きくしかつ周波数温度係数TCVの絶対値を小さくし得ることがわかる。

[0092] すなわち、 LiTaO_3 からなる圧電膜に、低音速膜4及び高音速膜3を積層することにより、特に低音速膜として酸化ケイ素膜を形成することにより、比帯域が広く、かつ温度特性の良好な弾性波装置を提供し得ることがわかる。

[0093] 上記支持基板2の線膨張係数は、圧電膜5の線膨張係数よりも小さいことが好ましい。それによって、圧電膜5において生じた熱による膨張が、支持基板2により拘束される。従って、弾性波装置の周波数温度特性をより一層改善することができる。

[0094] 図13及び図14は第2の実施形態の構造において、 LiTaO_3 からなる圧電膜の厚みを変化させた場合の音速及び比帯域の変化を示す各図である。

[0095] 図13及び図14から明らかなように、 LiTaO_3 の厚みが 1.5λ 以上では、音速及び比帯域はほぼ変化していない。これは、弾性表面波のエネルギーが、圧電膜内に閉じ込められて、低音速膜4や高音速膜3側には分布していないことによるものであり、このため、低音速膜4や高音速膜3の効果がなくなっている。よって、圧電膜の厚みは 1.5λ 以下とすることがより好ましい。それによって、弾性表面波のエネルギーを低音速膜4に十分に分布させることができ、よりQ値を高め得ると考えられる。

[0096] 上記図7～図14の結果から、酸化ケイ素膜の厚み及び LiTaO_3 からなる圧電膜の厚みを調整することにより、電気機械結合係数を広い範囲内で調整し得ることがわかる。さらに、 LiTaO_3 からなる圧電膜の厚みが $0.05 \lambda \sim 0.5 \lambda$ の範囲では、電気機械結合係数をより広い範囲で調整可能で

あることがわかる。従って、 LiTaO_3 からなる圧電膜の厚みは、 $0.05\lambda \sim 0.5\lambda$ の範囲が望ましい。

[0097] 従来、電気機械結合係数を調整するには、使用する圧電体のカット角を調整する必要があった。しかしながら、カット角すなわちオイラー角を変更すると、音速、温度特性及びスプリアス特性等の他の材料特性も同時に変化する。従って、これらの特性を同時に満足することが困難であり、設計の最適化が困難であった。

[0098] しかしながら、第2の実施形態の上記結果から明らかなように、本発明によれば、同一のカット角の圧電単結晶を圧電膜として用いた場合においても、酸化ケイ素膜すなわち低音速膜の厚みと、圧電膜の厚みとを調整することにより電気機械結合係数を自由に調整することができる。よって、設計の自由度を大幅に高めることができる。従って、音速、電気機械結合係数、周波数温度特性及びスプリアス特性等のさまざまな特性を同時に満たすことが容易に可能となり、所望の特性の弾性表面波装置を容易に提供することができる。

[0099] (第3の実施形態)

第3の実施形態として、第1の実施形態と同様の弾性表面波装置を作製した。ただし、材料及び膜厚は以下の通りとした。

[0100] IDT電極6として厚み 0.08λ のAl膜／圧電膜4として厚み 0.25λ の LiTaO_3 膜／低音速膜4として厚み $0 \sim 2\lambda$ の範囲の酸化ケイ素膜／高音速膜の積層構造とした。高音速膜として、窒化ケイ素膜、酸化アルミニウム膜及びダイヤモンドを用いた。高音速膜3の膜厚は 1.5λ とした。

[0101] 図15及び図16は、第3の実施形態における酸化ケイ素膜の膜厚と、音速及び電気機械結合係数 k^2 との関係をそれぞれ示す図である。

[0102] 窒化ケイ素膜のバルク波(S波)の音速は 6000 m/秒 であり、酸化アルミニウムにおけるバルク波(S波)の音速は 6000 m/秒 である。また、ダイヤモンドにおけるバルク波(S波)の音速は 12800 m/秒 である。

[0103] 図15及び図16から明らかなように、高音速膜4が、前述した高音速膜4の条件を満たす限り、高音速膜4の材質及び酸化ケイ素膜の膜厚を変更したとしても、電気機械結合係数及び音速はほとんど変化しないことがわかる。特に、電気機械結合係数は、酸化ケイ素膜の膜厚が 0.1λ 以上であれば、高音速膜の材質の如何に関わらず、酸化ケイ素膜の膜厚が $0.1\lambda \sim 0.5\lambda$ の範囲内でほとんど変わらないことがわかる。また、図15より、酸化ケイ素膜の膜厚が 0.3λ 以上、 2λ 以下の範囲において、高音速膜の材質の如何に関わらず、音速が変わらないことがわかる。

[0104] 従って、本発明において、高音速膜の材質は、上記条件を満たす限り特に限定されないことがわかる。

[0105] (第4の実施形態)

第4の実施形態では、圧電膜のオイラー角(0° , θ , ϕ)を変化させ、U2成分(SH成分)を主体とした弾性表面波の電気機械結合係数を求めた。

[0106] 積層構造は、IDT電極6／圧電膜5／低音速膜4／高音速膜3／支持基板2とした。IDT電極6として、厚み 0.08λ のAlを用いた。圧電膜として、厚み 0.25λ のLiTaO₃を用いた。低音速膜4として 0.35λ の厚みの酸化ケイ素を用いた。高音速膜3として厚み 1.5λ の窒化アルミニウム膜を用いた。支持基板2としてガラスを用いた。

[0107] 上記構造において、圧電膜のオイラー角(0° , θ , ϕ)の θ 及び ϕ を変化させてなる多数の弾性表面波装置について、電気機械結合係数をFEMにより求めた。その結果、U2成分(SH成分)を主体とするモードの電気機械結合係数 k^2 が2%以上となる範囲は、図17に示す複数の領域R1の範囲内であることが確かめられた。なお、オイラー角($0^\circ \pm 5^\circ$, θ , ϕ)の範囲内で同様の結果となった。

[0108] すなわち、図17の複数の領域R1の範囲内のオイラー角のLiTaO₃を用いれば、U2成分を主体とした振動の電気機械結合係数は2%以上となる。従って、帯域幅の広い帯域フィルタを、本発明の弾性表面波装置を用いて

構成し得ることがわかる。

[0109] (第5の実施形態)

第4の実施形態と同じ構造を前提として、FEMにより、U3成分(SV成分)を主体とする弾性表面波の電気機械結合係数を求めた。そして、U2(SH成分)を主体とするモードの電気機械結合係数が2%以上であり、かつU3(SV成分)を主体とするモードの電気機械結合係数が1%以下となるオイラー角の範囲を求めた。結果を図18に示す。図18に示す複数の領域R2の範囲内であれば、U2(SH成分)を主体としたモードの電気機械結合係数が2%以上であり、かつU3成分(SV成分)を主体とするモードの電気機械結合係数が1%以下である。従って、複数の領域R2の範囲内にあるオイラー角のLiTaO₃を用いることにより、利用するU2モードの電気機械結合係数が大きくかつスプリアスとなるU3モードの電気機械結合係数を小さくすることができる。従って、より一層良好なフィルタ特性を有する帯域フィルタを、構成することができる。

[0110] (第6の実施形態)

第2の実施形態と同様に、第6の実施形態として、以下の構成の弾性表面波装置についてシミュレーションした。下記の表4に示すように、低音速膜の横波音速と低音速膜の横波の固有音響インピーダンスを10の水準に亘って変化させた場合のU2成分を主体とする表面波の特性を、有限要素法でシミュレーションした。なお、低音速膜の横波音速と固有音響インピーダンスは低音速膜の密度及び弾性定数を変化させた。また、表4に記されていない低音速膜の材料定数は全て酸化ケイ素の材料定数を使用した。

[0111]

[表4]

水準	比重 ρ [kg/m ³]	弾性定数		横波音速 V [m/s]	横波の固有 音響イン ピーダンス Z _s [N・s/m ³]	備考
		C11 [N/m ²]	C44 [N/m ²]			
1	1.11E+03	4.73E+10	1.56E+10	3757	4.2E+06	
2	2.21E+03	7.85E+10	3.12E+10	3757	8.3E+06	酸化ケイ素相当
3	3.32E+03	1.10E+11	4.68E+10	3757	1.2E+07	
4	6.63E+03	2.03E+11	9.36E+10	3757	2.5E+07	
5	1.11E+04	3.28E+11	1.56E+11	3757	4.2E+07	
6	2.21E+03	3.17E+10	7.80E+09	1879	4.2E+06	
7	4.42E+03	4.73E+10	1.56E+10	1879	8.3E+06	
8	6.63E+03	6.29E+10	2.34E+10	1879	1.2E+07	
9	1.33E+04	1.10E+11	4.68E+10	1879	2.5E+07	
10	2.21E+04	1.72E+11	7.80E+10	1879	4.2E+07	

[0112] なお、表4において1. 1 1 E + 0 3 は1. 1 1 × 1 0³を意味する。すなわち a E + b は a × 1 0^bを示す。

[0113] 電極構造は図1(b)と同様とし、弾性表面波装置の構造は、IDT電極／圧電膜／低音速膜／高音速膜／支持基板の積層構造とした。IDT電極は、厚み0. 08λのAl膜とした。圧電膜は、40° YカットのLiTaO₃からなる。この圧電膜の厚みが0. 1λ、0. 4λ、0. 6λである場合において、それぞれ表4に示す10の水準を計算した。低音速膜の厚みは0. 4λとした。高音速膜は酸化アルミニウムからなり、その厚みは1. 5λとした。支持基板はアルミナ基板からなる。

[0114] 図19(a)～(c)は、第6の実施形態における、低音速膜の固有音響インピーダンスと比帯域との関係を示す図である。図中の各水準は低音速膜の横波音速が変化した場合の挙動を示し、各水準の比帯域は圧電膜の固有音響インピーダンスが低音速膜の固有音響インピーダンスと同じ場合における比帯域で規格化している。固有音響インピーダンスは、バルク波の音速と媒質の密度の積で表され、第6の実施形態の場合、圧電膜のバルク波はSHバルク波であり、音速は4212 m/sであり、密度は7. 454 × 10³ kg/m³であるので、圧電膜の固有音響インピーダンスは、3. 14 × 10⁷ N・s/m³となる。なお、低音速膜及び圧電膜の固有音響インピーダンスを算出する際に使用するバルク波の音速は、前記表1及び表2の左軸の弾性表面波の主モードに対し、前記表1及び表2の右軸のバルク波のモードにより決定される。

[0115] また、図20(a)～(c)は、第6の実施形態における、低音速膜の横波の固有音響インピーダンスと伝搬する弾性表面波の音速との関係を示す図である。

[0116] 図19(a)～(c)より、圧電膜の厚みにかかわらず、低音速膜の固有音響インピーダンスが圧電膜の固有音響インピーダンスより小さいほど比帯域が大きくなることがわかる。これは、低音速膜の固有音響インピーダンスが圧電膜の固有音響インピーダンスより小さいため、一定の応力に対する圧電膜の変位がより一層大きくなり、より大きな電荷を発生させるため、等価的により大きな圧電性が得られるためである。すなわち、固有音響インピーダンスの大小だけで得られる効果であるため、弾性表面波の振動モードや圧電膜の種類や低音速膜の種類によらず、低音速膜の固有音響インピーダンスが圧電膜の固有インピーダンスより小さい場合、より大きな比帯域の弾性表面波素子を得ることができる。

[0117] 本発明の第1～第6の実施形態では上から、IDT電極6、圧電膜5、低音速膜4、高音速膜3、支持基板2がこの順序で積層されていた。もっとも、伝搬する弾性表面波や境界波に大きな影響が無い範囲内において、各層の間にTiやNiCr等の密着層、下地膜または任意の媒質が存在してもよく、その場合にも、同様の効果を得られる。例えば、圧電膜5と低音速膜4の間に表面波の波長に比べて十分薄い新たな高音速膜を形成してもよく、同様の効果が得られる。また、高音速膜3と支持基板2との間には、主に利用する弾性表面波のエネルギーは分布していない。よって、高音速膜3と支持基板2との間には、どのような媒質をどのような厚みで形成してもよく、同様の効果が得られる。

[0118] 以下の第7及び第8の実施形態は、このような媒質層をさらに備える弾性表面波装置についての実施形態である。

[0119] (第7の実施形態)

図23に示す第7の実施形態に係る弾性表面波装置21では、媒質層22が、支持基板2と高音速膜3との間に積層されている。その他の構成は、第

1の実施形態と同様である。従って、第1の実施形態の説明を援用することとする。従って、弾性表面波装置21では、上から順に、IDT電極6、圧電膜5、低音速膜4、高音速膜3、媒質層22及び支持基板2がこの順序で積層されている。

[0120] 媒質層22としては、誘電体、圧電体、半導体または金属などのいずれの材料を用いてもよい。その場合であっても、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。もっとも、媒質層22が金属からなる場合には、比帯域を小さくすることができる。従って、比帯域が小さい用途では、媒質層22が金属からなることが好ましい。

[0121] (第8の実施形態)

図24に示す第8の実施形態の弾性表面波装置23では、支持基板2と高音速膜3との間に、媒質層22及び媒質層24が積層されている。すなわち、上から順に、IDT電極6、圧電膜5、低音速膜4、高音速膜3、媒質層22、媒質層24及び支持基板2がこの順序で積層されている。媒質層22及び媒質層24以外は、第1の実施形態と同様に構成されている。

[0122] 媒質層22、24は、誘電体、圧電体、半導体または金属などのいずれの材料を用いてもよい。その場合であっても、第8の実施形態においても、第1の実施形態の弾性表面波装置と同様の効果を得ることができる。

[0123] 本実施形態では、圧電膜5、低音速膜4、高音速膜3及び媒質層22からなる積層構造と、媒質層24及び支持基板2からなる積層構造を別々に作製した後、両積層構造を接合する。しかる後、IDT電極6を圧電膜5上に形成する。それによって、各積層構造を作製する際の製造上の制約条件に依存せずに、本実施形態の弾性表面波装置を得ることができる。従って、各層を構成する材料の選択の自由度を高めることができる。

[0124] 上記2つの積層構造の接合に際しては、任意の接合方法を用いることができる。このような接合構造としては、親水化接合、活性化接合、原子拡散接合、金属拡散接合、陽極接合、樹脂やSOGによる接合などの様々な方法を用いることができる。また、2つの積層構造間の接合界面が、高音速膜3よ

りも圧電膜 5 とは反対側に位置している。従って、高音速膜 3 の下方の利用する主たる弾性表面波のエネルギーが分布していない部分に上記接合界面が存在している。よって、弾性表面波伝搬特性が、上記接合界面の品質に影響されない。従って、安定かつ良好な共振特性やフィルタ特性を得ることができる。

[0125] (第 9 の実施形態)

図 25 に示す弾性表面波装置 31 では、上から順に、IDT 電極 6、圧電膜 5、低音速膜 4、高音速膜としても機能する高音速支持基板 33 がこの順序で積層されている。すなわち、高音速支持基板 33 は、第 1 の実施形態における高音速膜 3 と支持基板 2 の双方を兼ねている。従って、高音速支持基板 33 のバルク波音速は、圧電膜 5 を伝搬する弾性表面波の音速よりも高速とされている。よって、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。しかも、高音速支持基板 33 が高音速膜及び支持基板を兼ねているため、部品点数の低減を図ることができる。

[0126] (第 10 の実施形態)

第 10 の実施形態として、弾性表面波装置として 1 ポート型弾性表面波共振子における Q 値と周波数との関係を FEM によりシミュレーションした。

[0127] ここでは、第 1 の実施形態、すなわち図 1 に模式的正面断面図で示した弾性表面波装置として以下の構造を想定した。

[0128] 上から順に、厚み 0.1λ の Al からなる IDT 電極 6 / 50° Y カットの LiTaO₃ 膜からなる圧電膜 / 低音速膜としての SiO₂ 膜 / 高音速膜としての厚み 1.5λ の窒化アルミニウム膜 / 厚み 0.3λ の SiO₂ 膜 / アルミナからなる支持基板がこの順序で積層されている構造とした。このシミュレーションでは、圧電膜としての LiTaO₃ 膜の膜厚を、 0.15λ 、 0.20λ 、 0.25λ または 0.30λ と変化させた。また、低音速膜としての SiO₂ 膜の膜厚を、 $0 \sim 2\lambda$ の範囲で変化させた。

[0129] なお、IDT 電極のデューティは 0.5 とし、電極指交差幅は 20λ 、電極指の対数は 100 対とした。

[0130] 比較のために、上から順に、厚み 0.1λ のAlからなるIDT電極／ 38.5° YカットのLiTaO₃基板がこの順序で積層されている1ポート型弾性表面波共振子を用意した。すなわち、この比較例では、厚み $350\mu\text{m}$ の 38.5° YカットのLiTaO₃基板上にAlからなるIDT電極を有する電極構造が形成されている。

[0131] 上記第10の実施形態及び比較例の弾性表面波装置について、Q値と周波数との関係をFEMによるシミュレーションにより求めた。1ポート共振子のインピーダンスが最小になる共振周波数と、インピーダンスが最大となる反共振周波数の周波数範囲内で最も大きなQ値を Q_{max} 値とした。 Q_{max} 値が大きい程、低損失であることを示す。

[0132] 上記比較例の Q_{max} 値は857であった。上記実施形態におけるLiTaO₃の膜厚と、SiO₂の膜厚と、 Q_{max} との関係を図26に示す。

[0133] 図26から明らかなように、LiTaO₃が 0.15λ 、 0.20λ 、 0.25λ 及び 0.30λ のいずれの場合においても、SiO₂からなる低音速膜の膜厚が0を超えると、 Q_{max} 値が高まっていることがわかる。また、上記比較例に対して、上記第10の実施形態では、いずれの場合においても、 Q_{max} 値が効果的に高められていることがわかる。

[0134] (製造方法の実施形態)

第1の実施形態に係る弾性波装置は、前述したように、支持基板2上に、高音速膜3、低音速膜4、圧電膜5及びIDT電極6を備える。このような弾性波装置の製造方法は特に限定されない。もっとも、次に述べるイオン注入法を利用した製造方法を用いることにより、厚みの薄い圧電膜を有する弾性波装置1を容易に得ることができる。この製造方法の実施形態を、図21及び図22を参照して説明する。

[0135] まず、図21(a)に示すように、圧電基板5Aを用意する。圧電基板5Aは、本実施形態では、LiTaO₃からなる。圧電基板5Aの片面から水素イオンを注入する。注入されるイオンは水素に限らず、ヘリウムなどを用いてもよい。

- [0136] イオン注入に際してのエネルギーは特に限定されないが、本実施形態では 107 KeV 、ドーズ量は 8×10^{16} 原子 / cm^2 とする。
- [0137] イオン注入を行うと、圧電基板 5 A 内において、厚み方向にイオン濃度分布が生じる。最もイオン濃度が高い部分を図 2 1 (a) において破線で示す。破線で示すイオン濃度が最も高い部分である注入イオン高濃度部分 5 a では、後述するように加熱すると、応力により容易に分離する。このような注入イオン高濃度部分 5 a により分離する方法は、特表 2002-534886 号において開示されている。
- [0138] この工程において、上記注入イオン高濃度部分 5 a において圧電基板 5 A を分離し、圧電膜 5 を得る。圧電膜 5 は、注入イオン高濃度部分 5 a からイオン注入を開始した圧電基板面との間の層である。なお、圧電膜 5 を研磨等の加工することもある。従って、上記注入イオン高濃度部分 5 a からイオン注入側の圧電基板面までの距離は、最終的に形成する圧電膜の厚みと同等あるいは該厚みよりも若干大きな寸法とすればよい。
- [0139] 次に、図 2 1 (b) に示すように、圧電基板 5 A のイオン注入を行った側の面に、低音速膜 4 を成膜する。なお、あらかじめ形成した低音速膜を転写法等により圧電基板 5 A に貼り合わせてもよい。
- [0140] 次に、図 2 1 (c) に示すように、低音速膜 4 の圧電基板 5 A と反対側の面に高音速膜 3 を成膜する。高音速膜 3 についても、成膜法によらず、高音速膜を、転写法等により低音速膜 4 に貼り合わせてもよい。
- [0141] さらに、図 2 1 (d) に示すように、高音速膜 3 の露出している面、すなわち低音速膜 4 とは反対側の面を鏡面加工する。鏡面加工により、後述する支持基板と高音速膜の接合強度を強化することができる。
- [0142] しかる後、図 2 1 (e) に示すように、支持基板 2 を高音速膜 3 に接合する。
- [0143] 低音速膜 4 としては、上記第 1 の実施形態に従って酸化ケイ素膜を用いる。また、高音速膜 3 としては、窒化アルミニウム膜を用いる。
- [0144] 次に、図 2 2 (a) に示すように、加熱した後、圧電基板 5 A のうち、注

入イオン高濃度部分 5 a よりも上方の圧電基板部分 5 b を分離する。前述したように、加熱により、上記注入イオン高濃度部分 5 a を介して、応力を加えると、圧電基板 5 A が分離しやすくなる。この場合の加熱温度については、250℃～400℃程度とすればよい。

[0145] 本実施形態では、この加熱分離により、厚み 500 nm の圧電膜 5 を得る。このようにして、図 22 (b) に示すように、圧電膜 5 が低音速膜 4 上に積層されている構造を得る。しかる後、圧電性を回復させるために、400℃～500℃の温度で3時間程度維持する加熱処理を行う。必要に応じて、この加熱処理に先立ち、分離後の圧電膜 5 の上面を研磨してもよい。

[0146] しかる後、図 22 (c) に示すように、IDT 電極 6 を含む電極を形成する。電極形成方法は、特に限定されず、蒸着、めっきまたはスパッタリング等の適宜の方法により行うことができる。

[0147] 本実施形態の製造方法によれば、上記分離により、オイラー角が傾斜した圧電膜 5 を容易にかつ均一な厚みに形成することができる。

[0148] (第 11 の実施形態)

第 1 の実施形態では、IDT 電極 6 / 圧電膜 5 / 低音速膜 4 / 高音速膜 3 / 支持基板 2 が上から順にこの順序で積層されていた。本発明においては、図 27 に示す第 11 の実施形態の弾性表面波装置 41 のように、IDT 電極 6 を覆うように誘電体膜 42 が積層されていてもよい。このような誘電体膜 42 を積層することにより、周波数温度特性を調整したり、耐湿性を高めたりすることができる。

[0149] (第 12 の実施形態)

上述してきた各実施形態では弾性表面波装置につき説明したが、本発明は、弾性境界波装置などの他の弾性波装置にも適用することができ、その場合であっても同様の効果を得ることができる。図 28 は、第 12 の実施形態としての弾性境界波装置 43 を示す模式的正面断面図である。ここでは、圧電膜 5 の下方に、上から順に低音速膜 4 / 高音速膜 3 / 支持基板 2 が積層されている。この構造は、第 1 の実施形態と同様である。そして、弾性境界波を

励振するために、圧電膜 5 と圧電膜 5 上に積層された誘電体 4 4 との界面に I D T 電極 6 が形成されている。

[0150] また、図 2 9 は、いわゆる三媒質構造の弾性境界波装置 4 5 の模式的正面断面図である。ここでも、圧電膜 5 の下方に低音速膜 4 / 高音速膜 3 / 支持基板 2 が積層されている構造に対し、圧電膜 5 と誘電体膜 4 6 との界面に I D T 電極 6 が形成されている。さらに、誘電体 4 6 上に誘電体 4 6 よりも横波音速が速い誘電体 4 7 が積層されている。それによって、いわゆる三媒質構造の弾性境界波装置が構成されている。

[0151] 弾性境界波装置 4 3, 4 5 のように、弾性境界波装置においても、第 1 の実施形態の弾性表面波装置 1 と同様に、圧電膜 5 の下方に、低音速膜 4 / 高音速膜 3 からなる積層構造を積層することにより、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

符号の説明

- [0152] 1…弾性表面波装置
2…支持基板
3…高音速膜
4…低音速膜
5…圧電膜
5 A…圧電基板
5 a…注入イオン高濃度部分
6…I D T 電極
7, 8…反射器

請求の範囲

- [請求項1] 圧電膜を有する弾性波装置であって、
前記圧電膜を伝搬する弾性波音速より伝搬するバルク波音速が高速である高音速支持基板と、
前記高音速支持基板上に積層されており、前記圧電膜を伝搬するバルク波音速より伝搬するバルク波音速が低速である低音速膜と、
前記低音速膜上に積層された前記圧電膜と、
前記圧電膜の一方面に形成されているＩＤＴ電極とを備える、弾性波装置。
- [請求項2] 前記圧電膜を伝搬する弾性波のエネルギーの一部が、前記低音速膜および前記高音速支持基板中に分布することを特徴とする、請求項１に記載の弾性波装置。
- [請求項3] 圧電膜を有する弾性波装置であって、
支持基板と、
前記支持基板上に形成されており、前記圧電膜を伝搬する弾性波音速より伝搬するバルク波音速が高速である高音速膜と、
前記高音速膜上に積層されており、前記圧電膜を伝搬するバルク波音速より伝搬するバルク波音速が低速である低音速膜と、
前記低音速膜上に積層された前記圧電膜と、
前記圧電膜の一方面に形成されているＩＤＴ電極とを備える、弾性波装置。
- [請求項4] 前記圧電膜を伝搬する弾性波のエネルギーの一部が、前記低音速膜および前記高音速膜中に分布することを特徴とする、請求項３に記載の弾性波装置。
- [請求項5] 前記低音速膜が、酸化ケイ素、あるいは酸化ケイ素を主成分とする膜からなる、請求項１～４のいずれか１項に記載の弾性波装置。
- [請求項6] 前記圧電膜の膜厚が、ＩＤＴ電極の電極周期で定まる弾性波の波長を λ としたときに、 1.5λ 以下とされている、請求項１～５のい

れか 1 項に記載の弾性波装置。

- [請求項7] 前記圧電膜の膜厚が、IDT電極の電極周期で定まる弾性波の波長を λ としたときに、 $0.05\lambda \sim 0.5\lambda$ の範囲とされている、請求項1～6のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項8] 前記低音速膜の膜厚が、IDT電極の電極周期で定まる弾性波の波長を λ としたときに、 2λ 以下である、請求項1～7のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項9] 前記圧電膜が、オイラー角 ($0 \pm 5^\circ$, θ , ϕ) の単結晶タンタル酸リチウムからなり、オイラー角 ($0 \pm 5^\circ$, θ , ϕ) が図17に示す複数の領域R1のいずれかの範囲内にある、請求項1～8のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項10] 前記圧電膜が、オイラー角 ($0 \pm 5^\circ$, θ , ϕ) が、図18の複数の領域R2のいずれかの範囲内にある、請求項9に記載の弾性波装置。
- [請求項11] 前記支持基板の線膨張係数が、前記圧電膜の線膨張係数よりも小さい、請求項1～10のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項12] 前記低音速膜の固有音響インピーダンスが、前記圧電膜の固有音響インピーダンスよりも小さい、請求項1～11のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項13] 前記圧電膜および前記IDT電極の上に誘電体膜が形成されており、前記圧電膜を弾性表面波が伝搬する、請求項1～12のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項14] 前記圧電膜および前記IDT電極の上に誘電体膜が形成されており、前記圧電膜と前記誘電体膜との境界を弾性境界波が伝搬する、請求項1～12のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項15] 前記圧電膜および前記低音速膜および前記高音速膜および前記支持基板の少なくとも1つの境界に、密着層、下地膜、低音速層及び高音速層の内の少なくとも1つの層が形成されている、請求項1～14の

いずれか 1 項に記載の弾性波装置。

[請求項16]

支持基板を用意する工程と、

前記支持基板上に、圧電体を伝搬する弾性波音速より伝搬するバルク波音速が高速である高音速膜を形成する工程と、

前記高音速膜上に、圧電体を伝搬するバルク波音速より伝搬するバルク波音速が低速である低音速膜を形成する工程と、

前記低音速膜上に、圧電体層を形成する工程と、

前記圧電体層の一方面に I D T 電極を形成する工程とを備える、弾性波装置の製造方法。

[請求項17]

前記支持基板上に、前記高音速膜、前記低音速膜及び前記圧電体層を形成する工程が、

(a) 前記圧電体層よりも厚みの厚い圧電基板の一方面からイオン注入する工程と、

(b) 前記イオン注入が行われた圧電基板の前記一方の面に低音速膜を形成する工程と、

(c) 前記低音速膜の前記圧電基板と反対側の面に高音速膜を形成する工程と、

(d) 前記高音速膜の前記低音速膜が積層されている側の面と反対側の面に支持基板を接合する工程と、

(e) 前記圧電基板を加熱しつつ、前記圧電基板の注入イオン濃度が最も高い高濃度イオン注入部分において、圧電膜と残りの圧電基板部分とを分離し、前記低音速膜側に圧電膜を残存させる工程とを備える、請求項 16 に記載の弾性波装置の製造方法。

[請求項18]

前記残りの圧電基板部分を分離した後に、前記低音速膜上に積層されている前記圧電膜を加熱し、圧電性を回復させる工程をさらに備える、請求項 17 に記載の弾性波装置の製造方法。

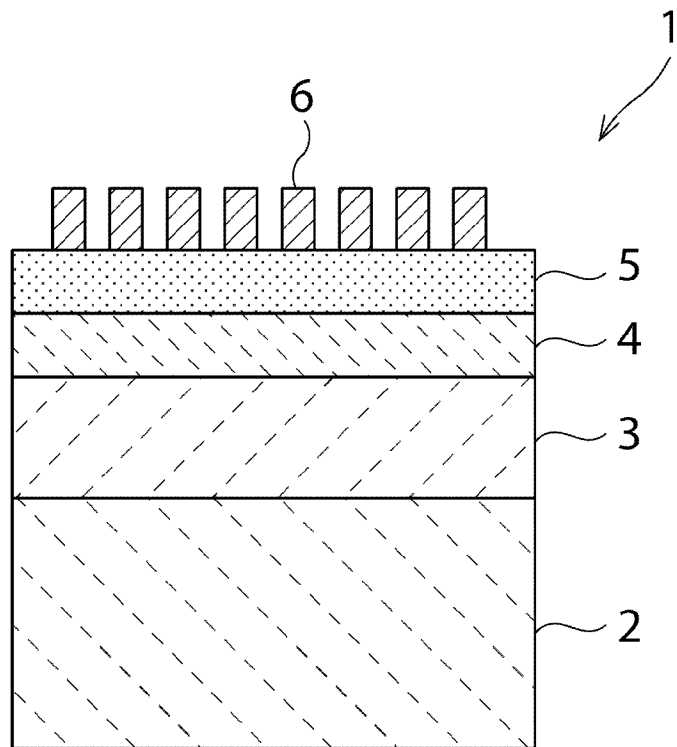
[請求項19]

前記支持基板を接合するに先立ち、前記高音速膜の前記低音速膜と反対側の面を鏡面加工する工程とを備える、請求項 16 または 17 に

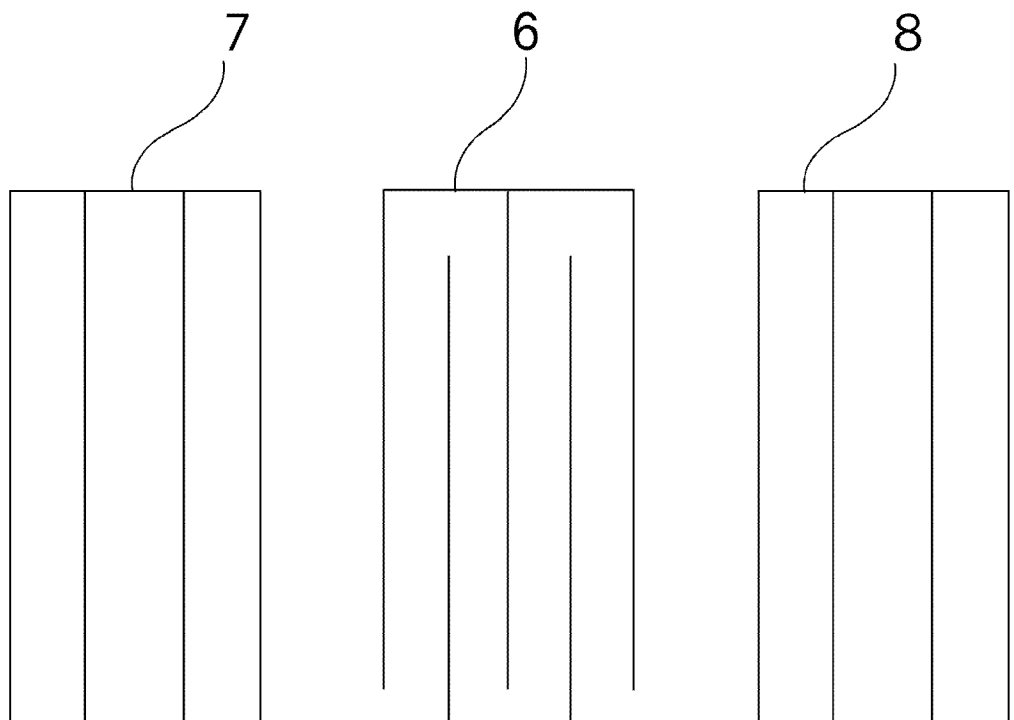
記載の弾性波装置の製造方法。

[図1]

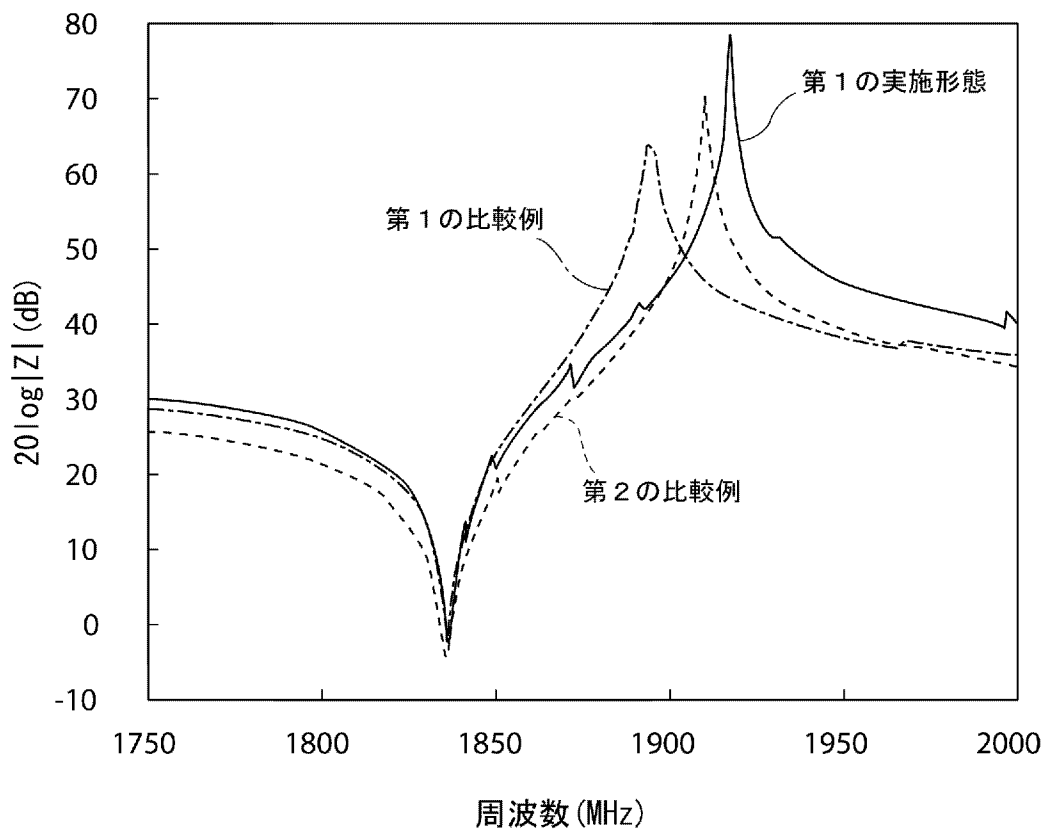
(a)



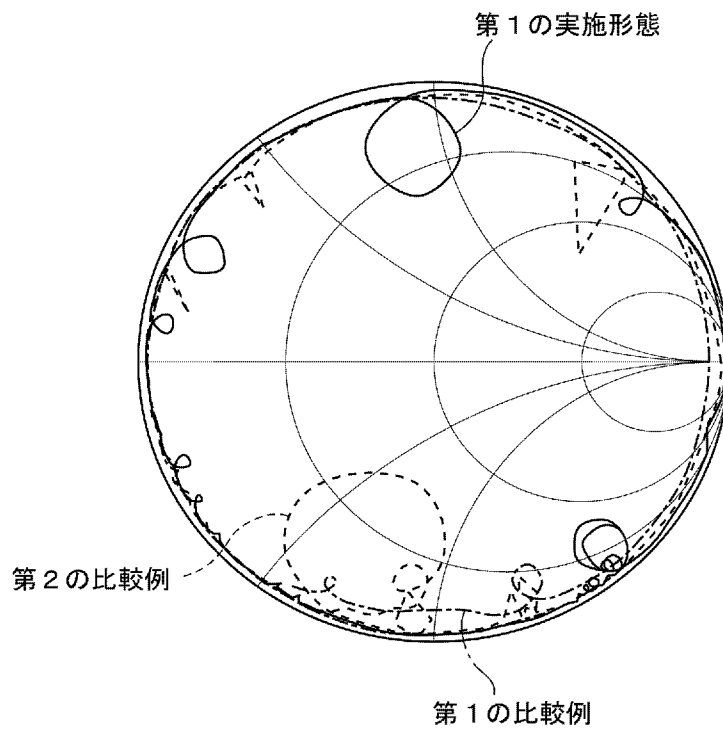
(b)



[図2]

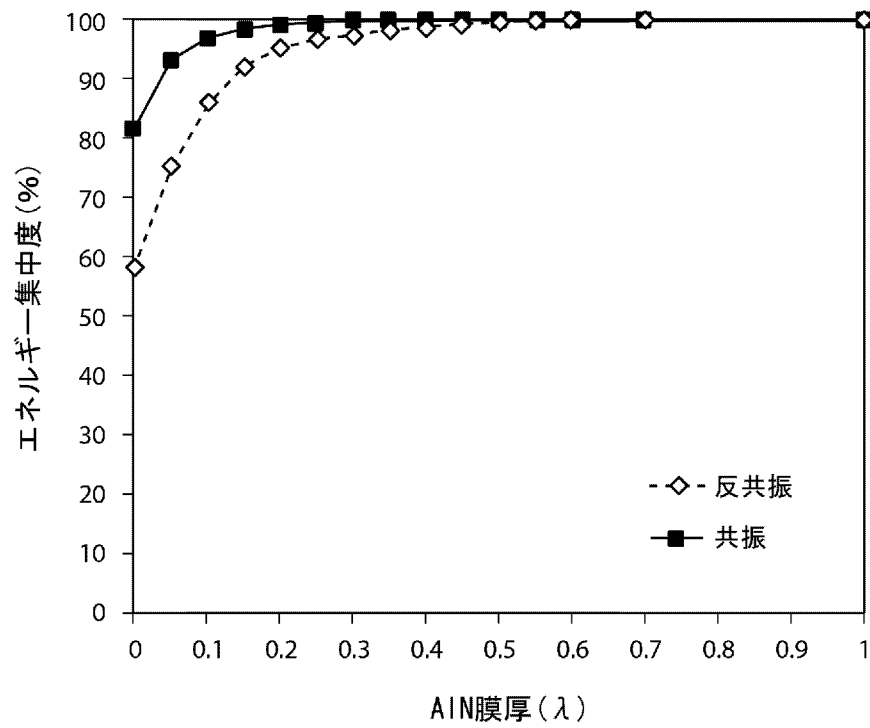


[図3]

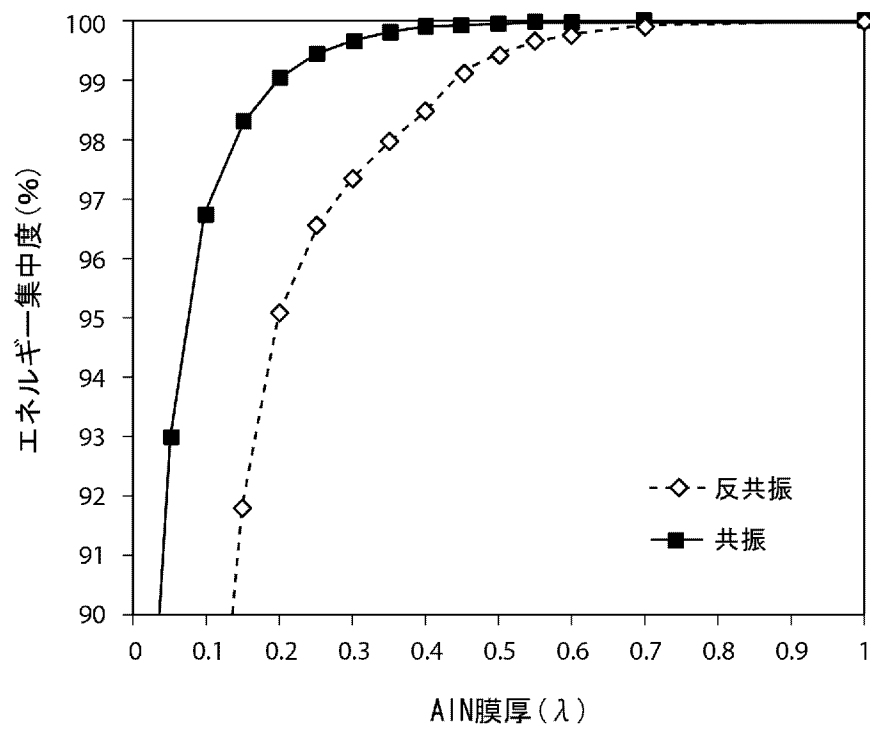


[図4]

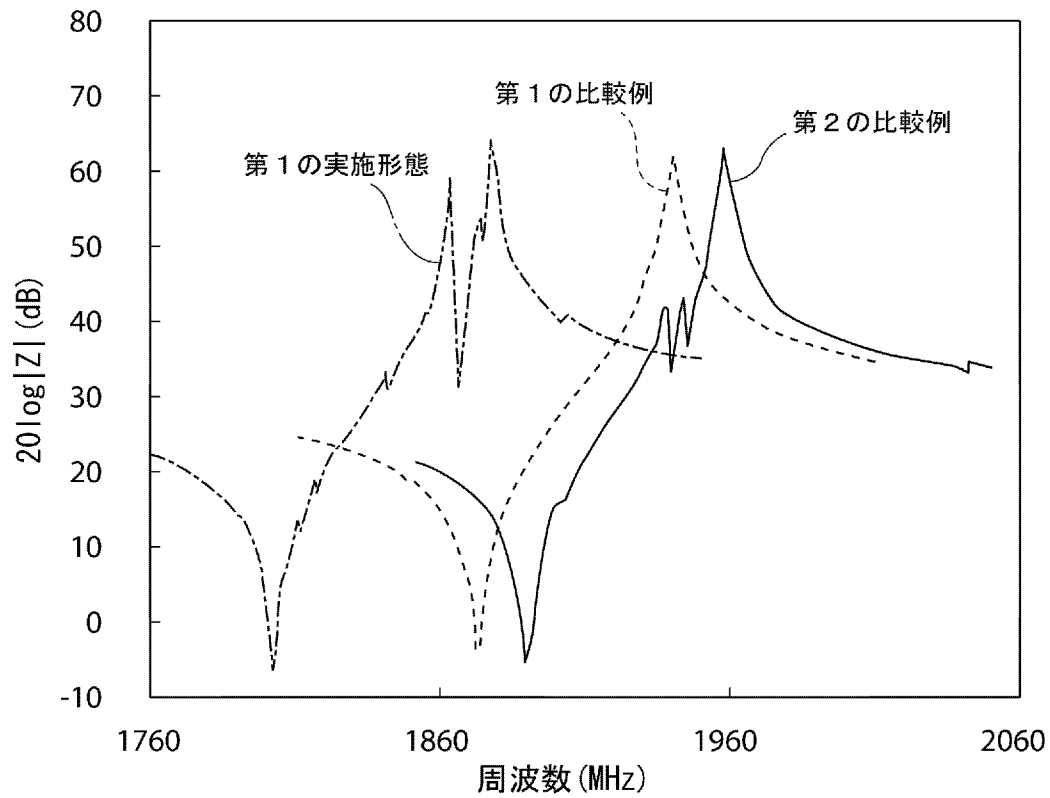
(a)



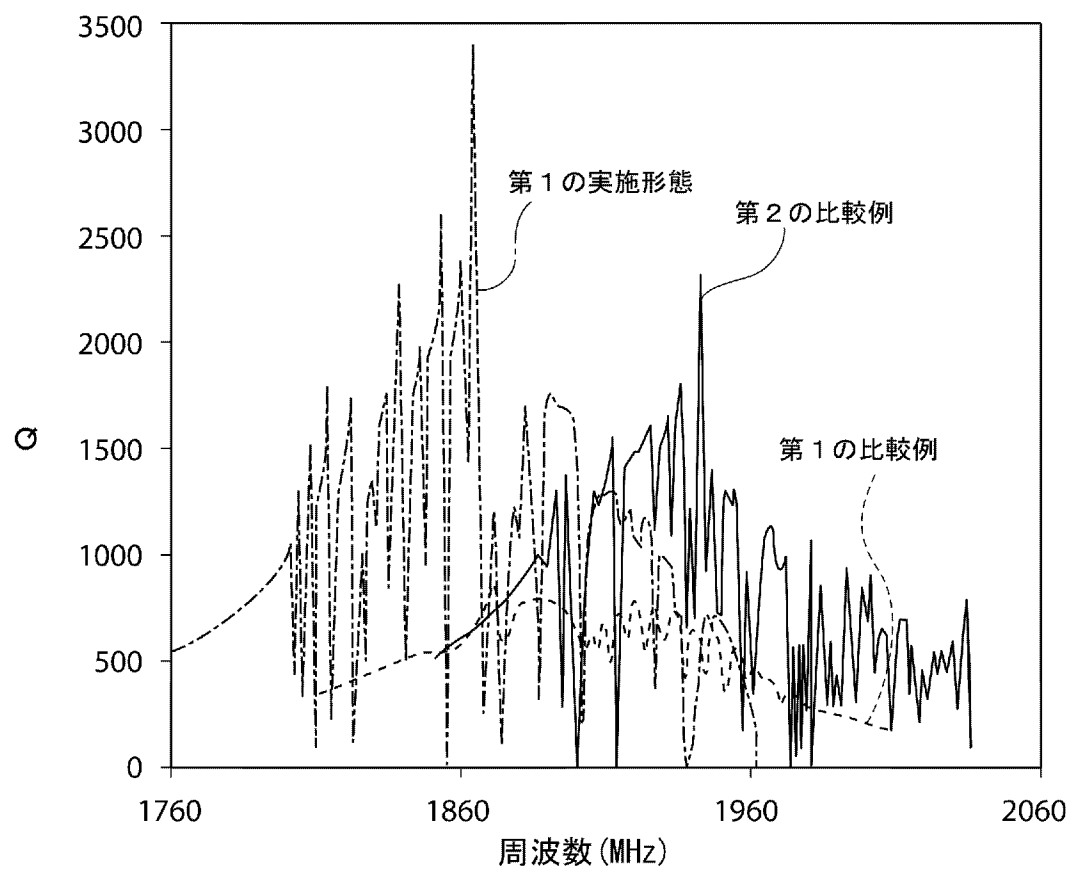
(b)



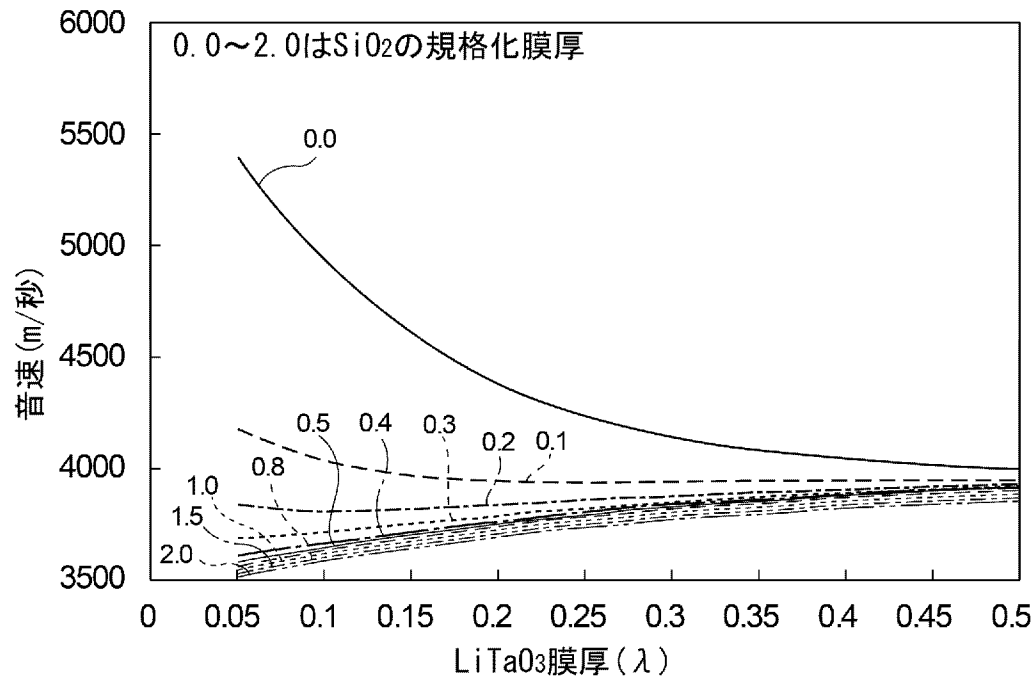
[図5]



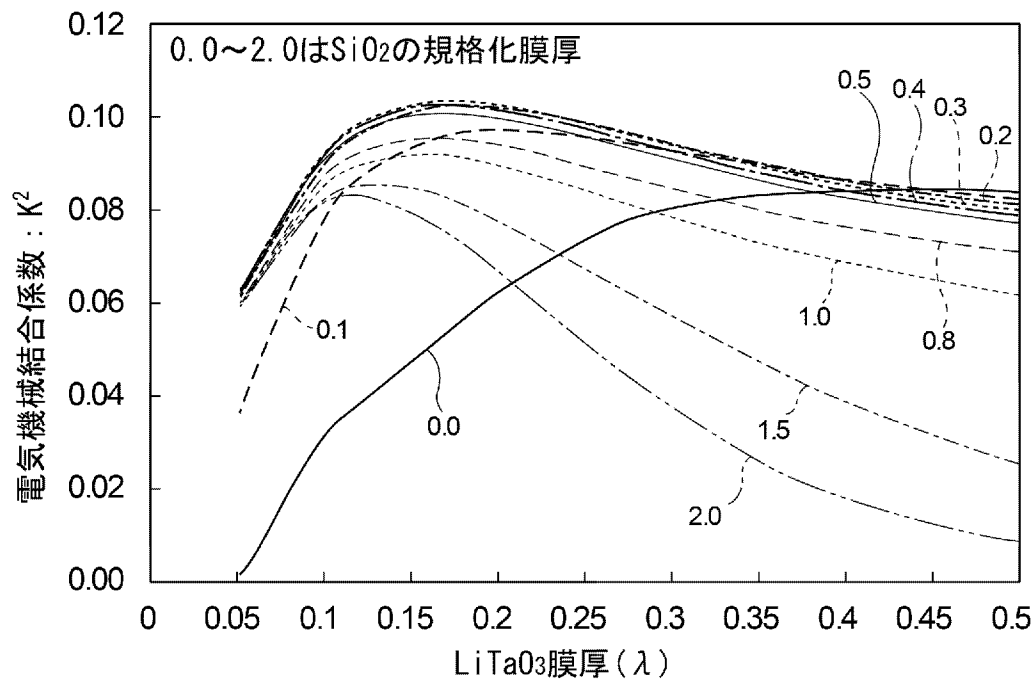
[図6]



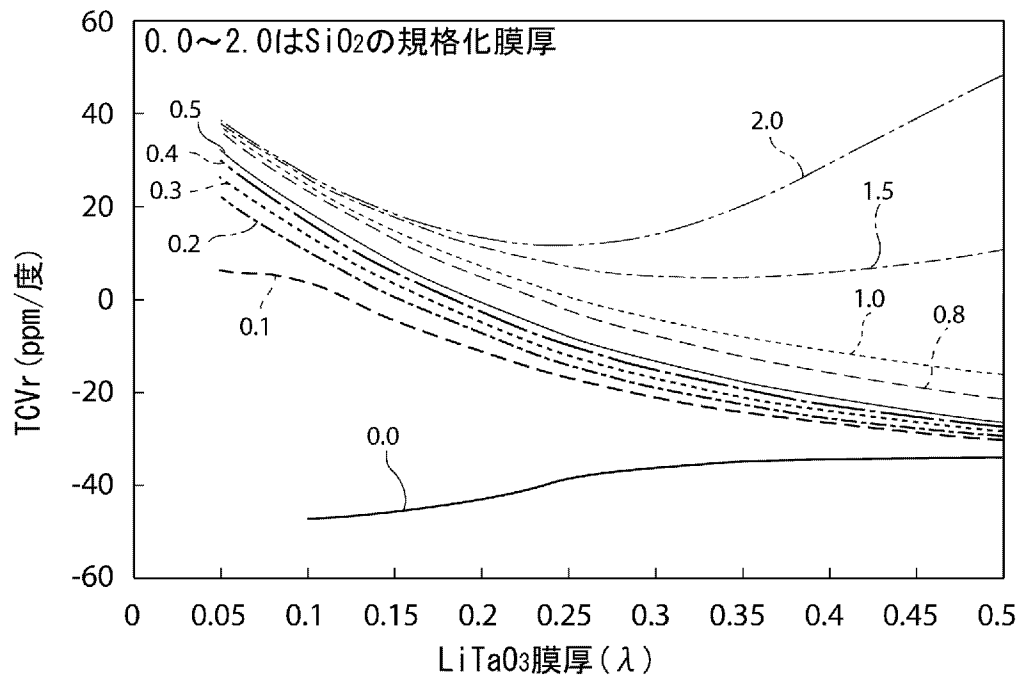
[図7]



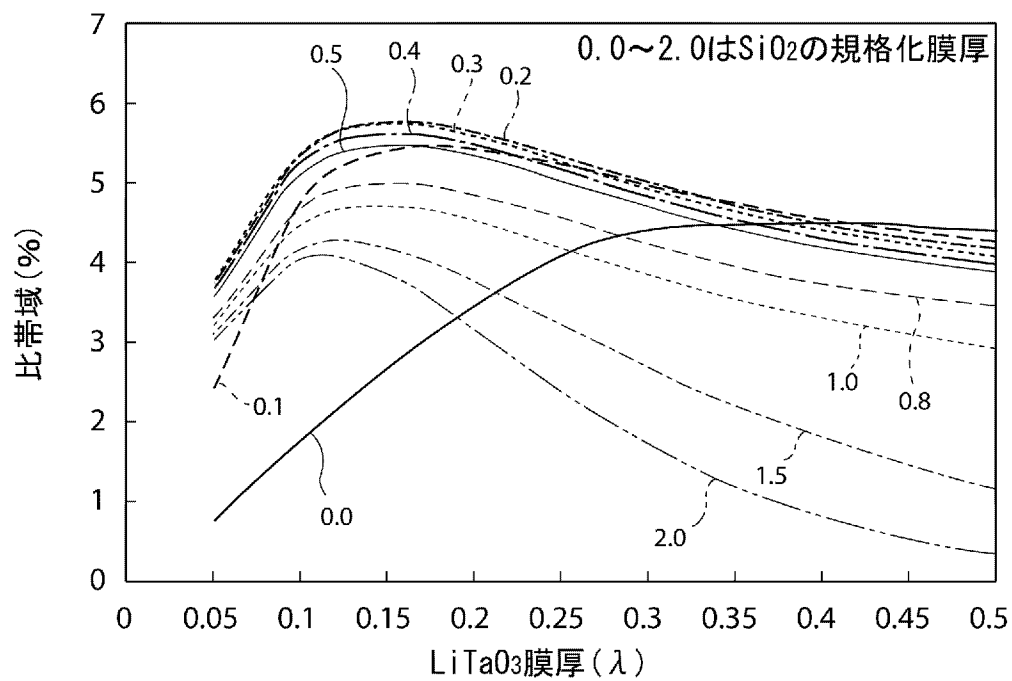
[図8]



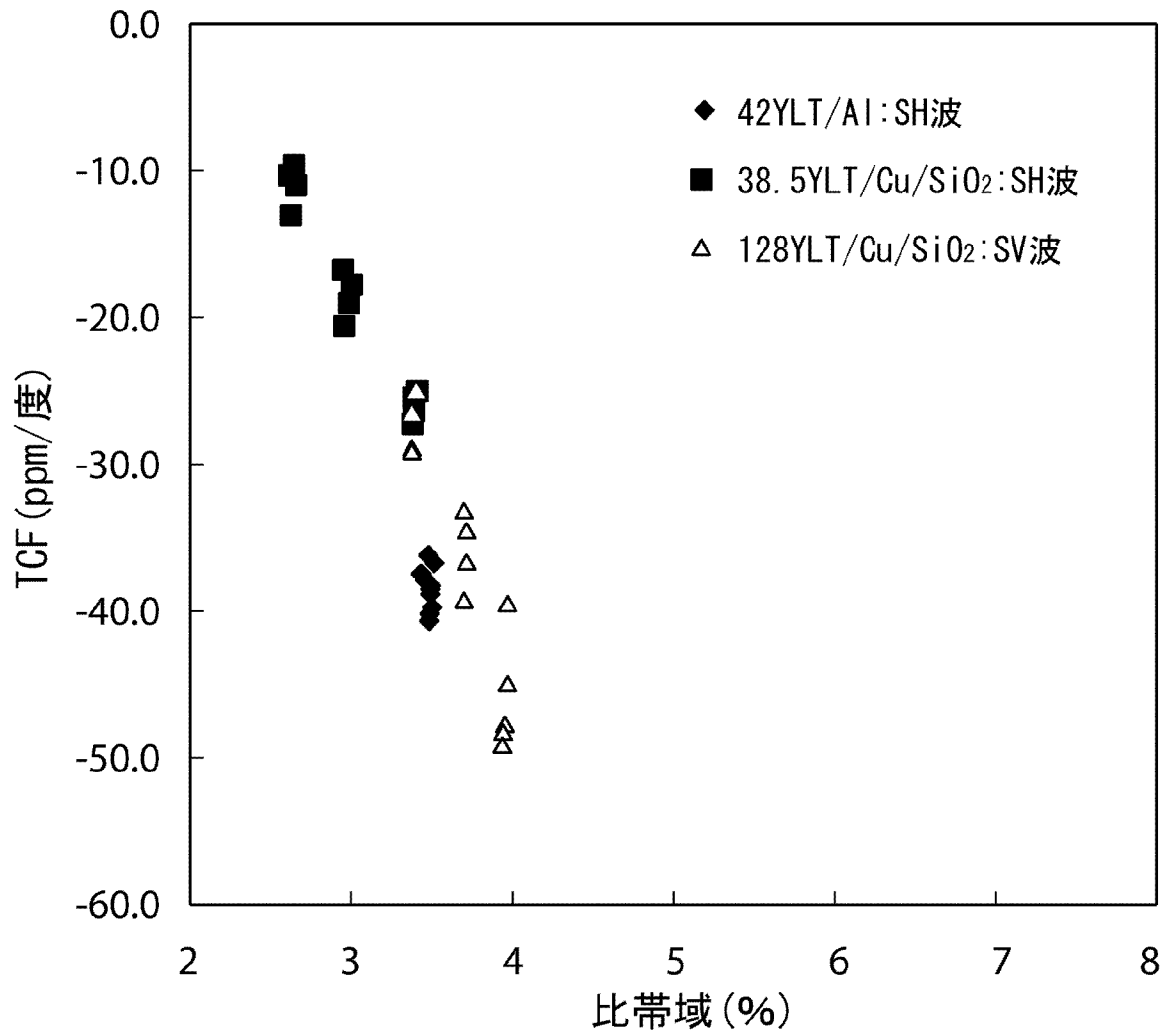
[図9]



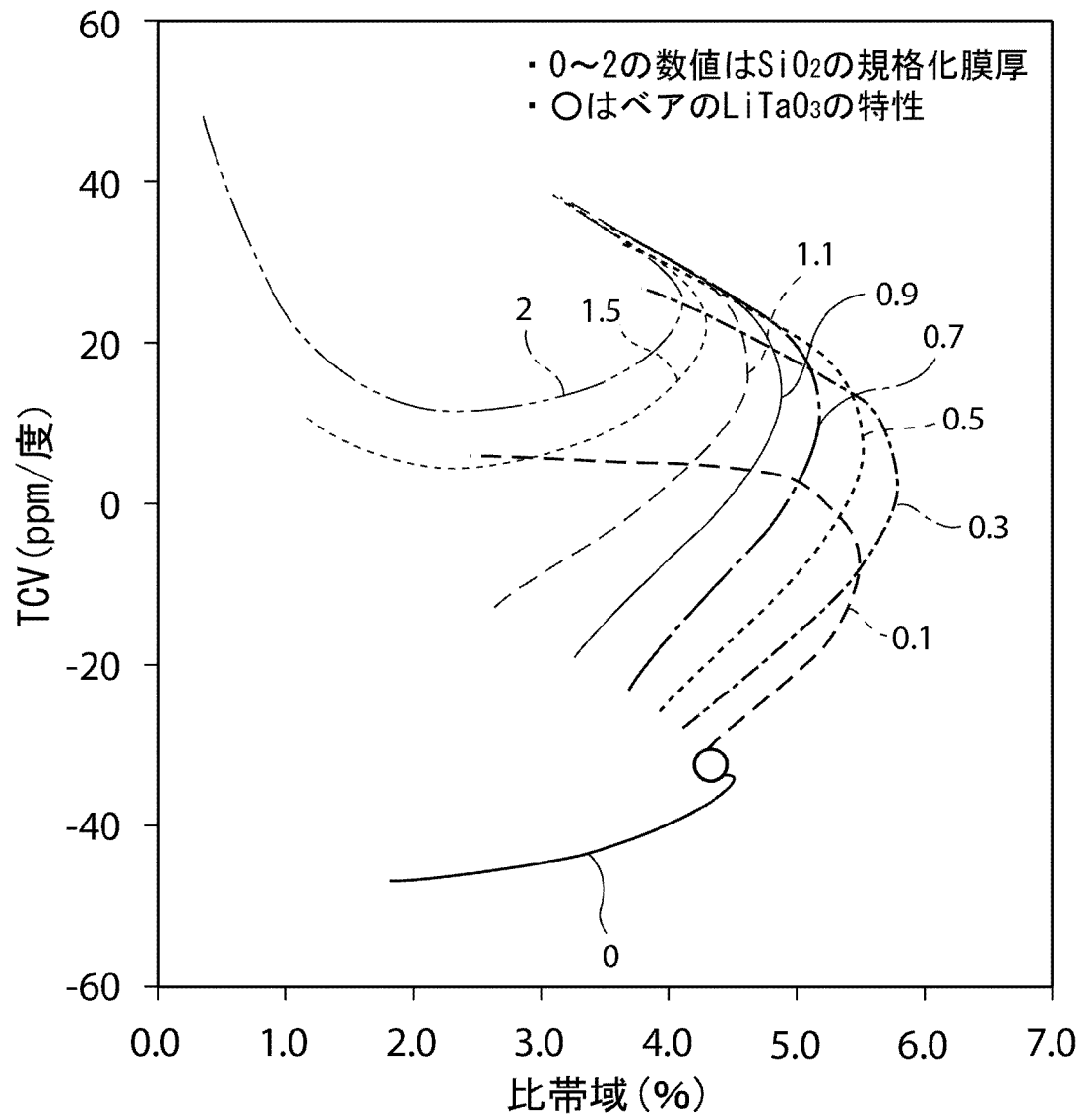
[図10]



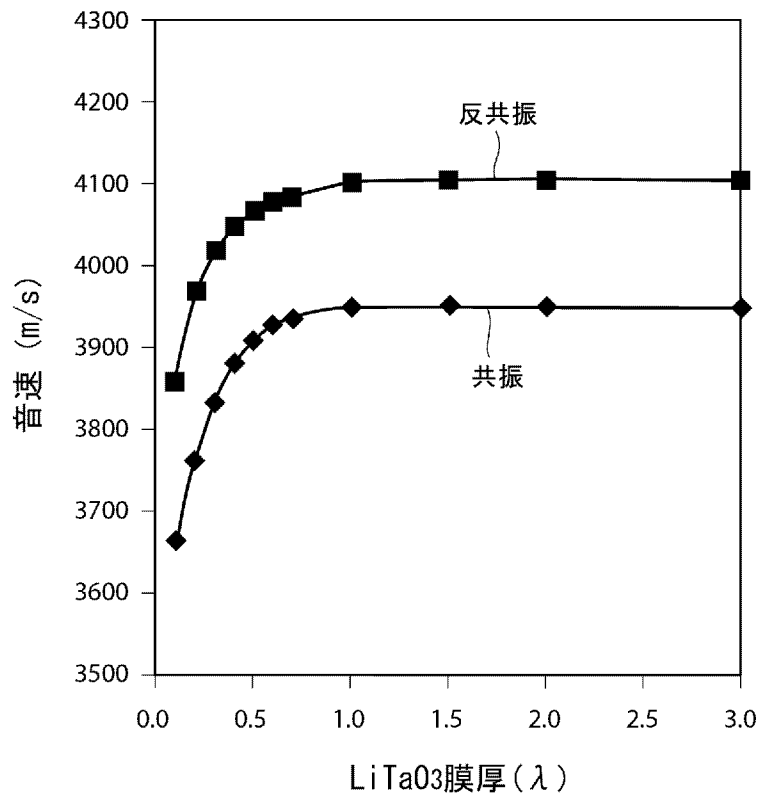
[図11]



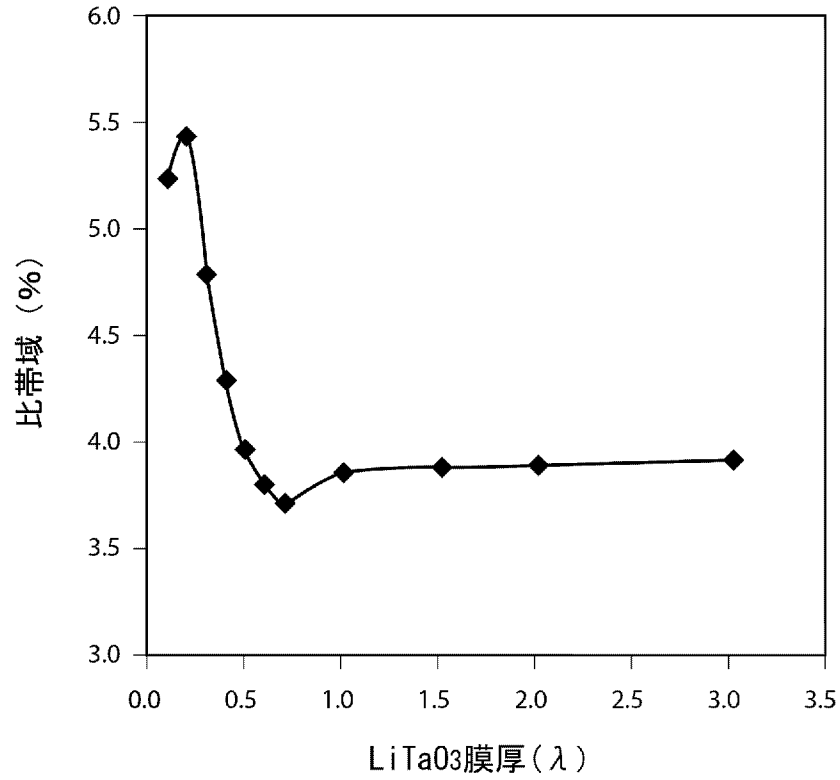
[図12]



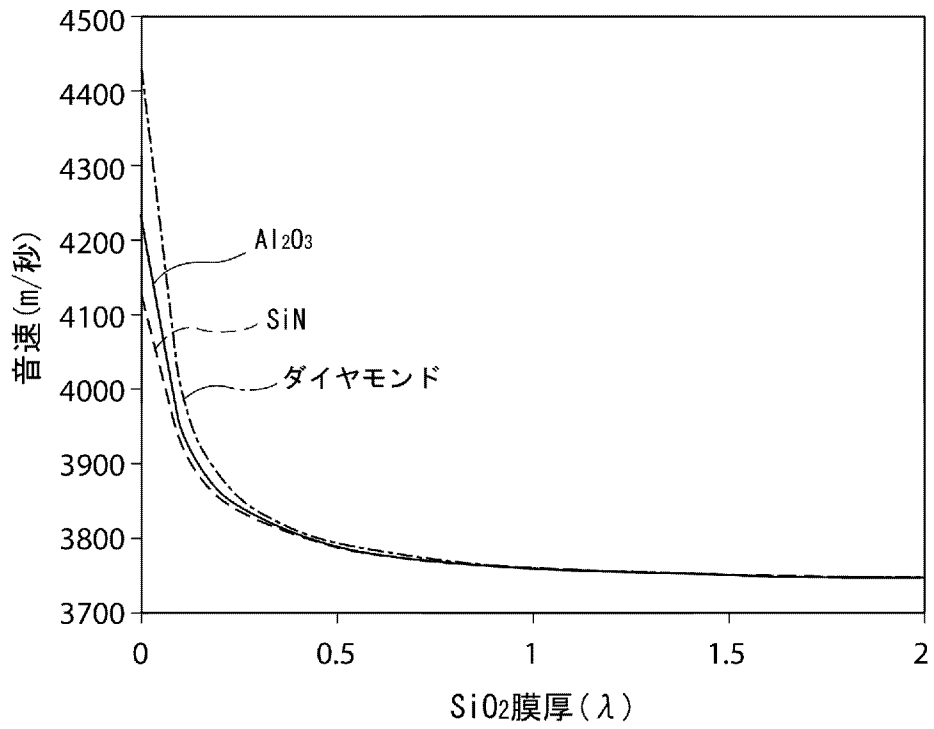
[図13]



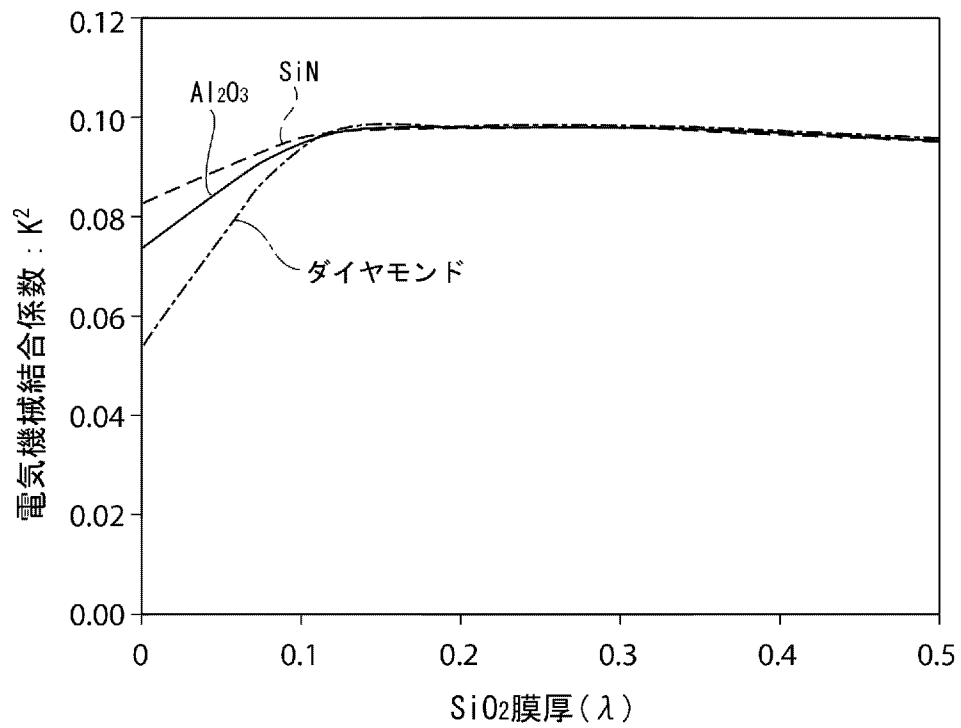
[図14]



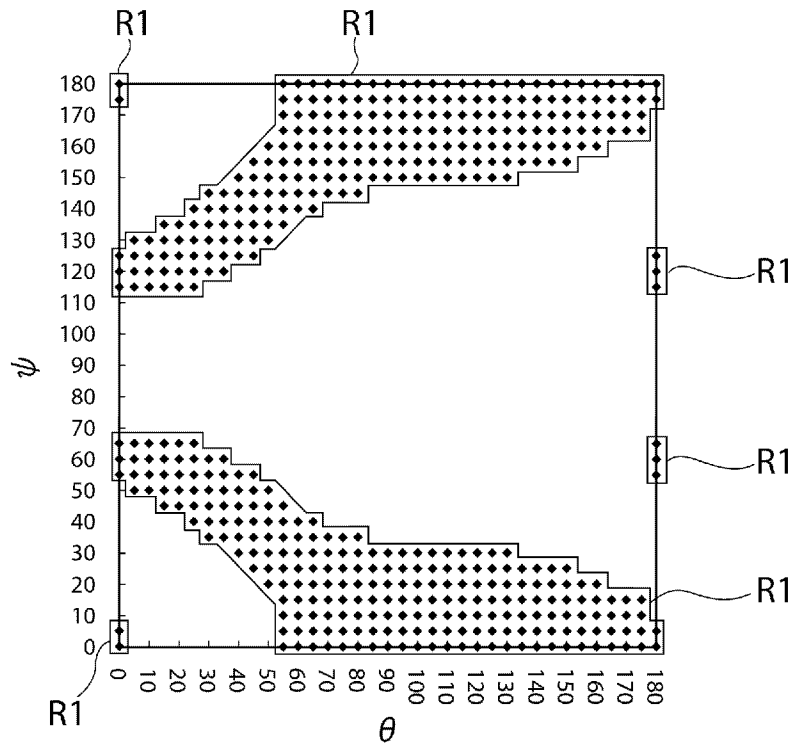
[図15]



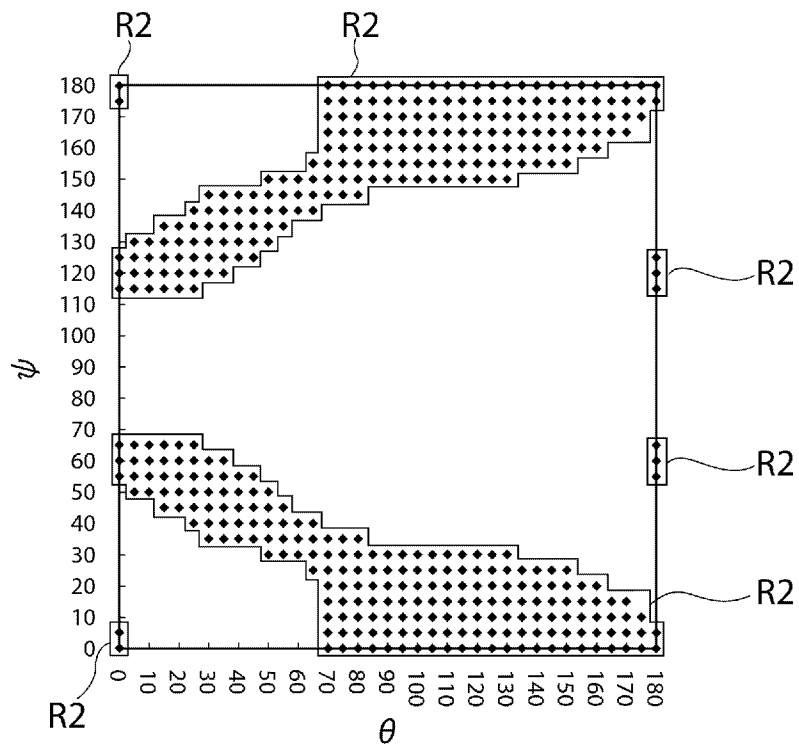
[図16]



[図17]

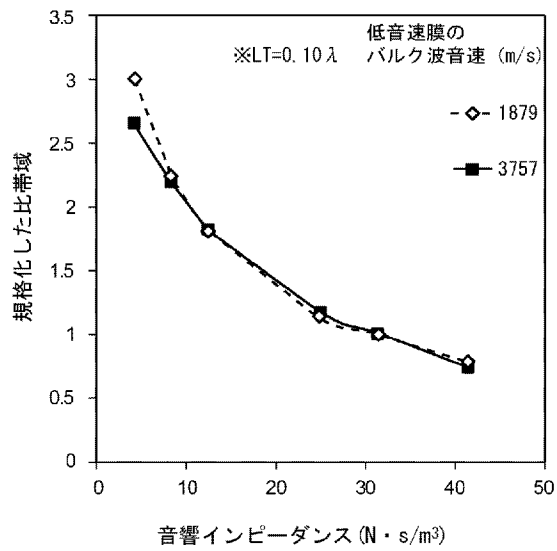


[図18]

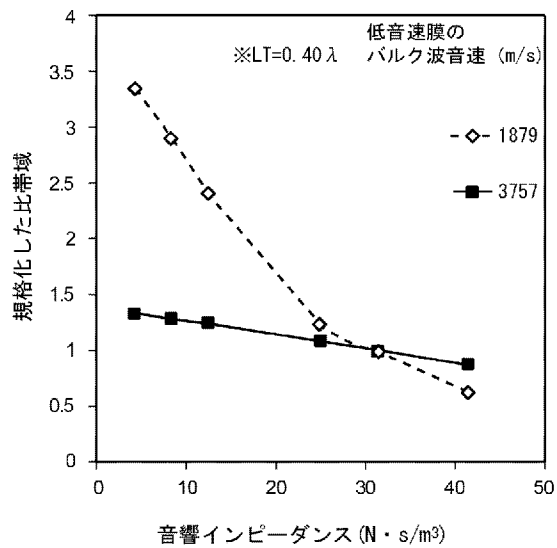


[図19]

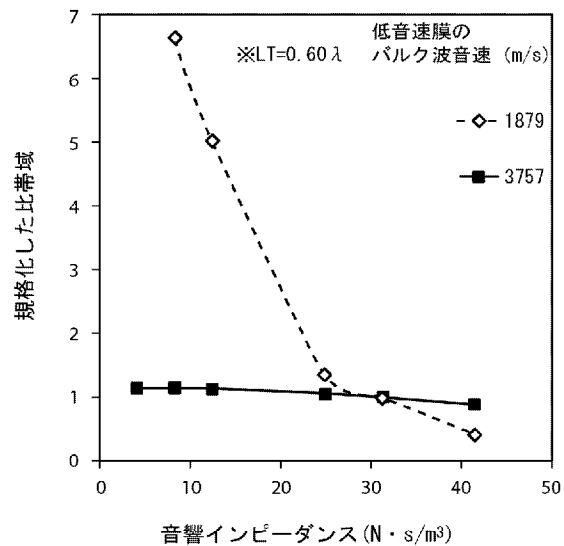
(a)



(b)

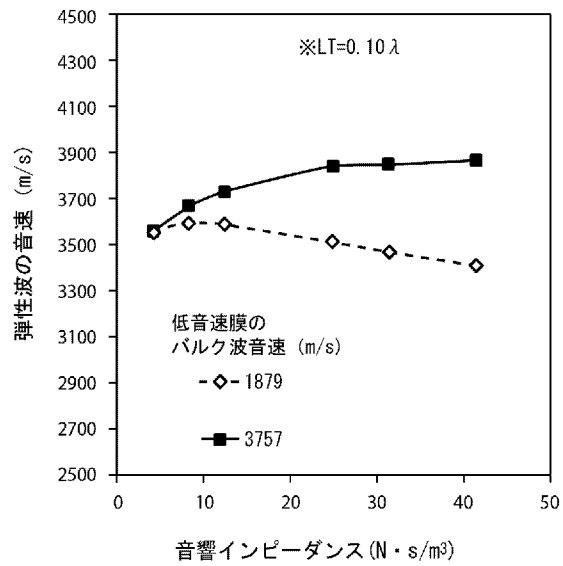


(c)

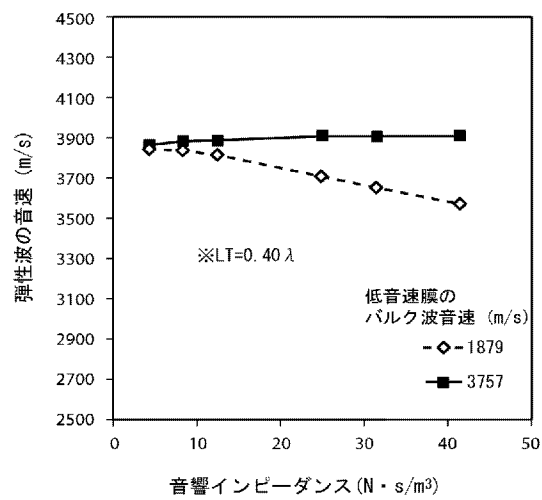


[図20]

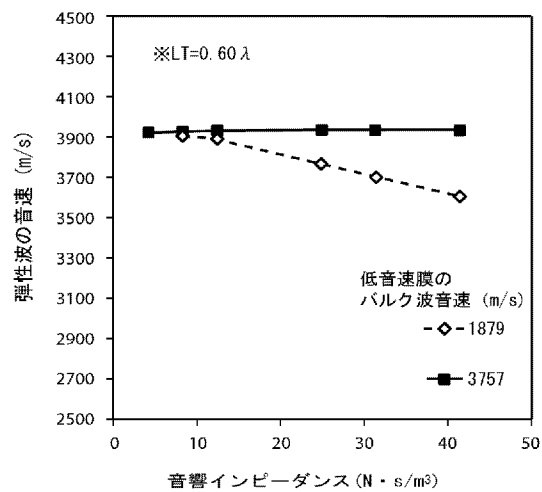
(a)



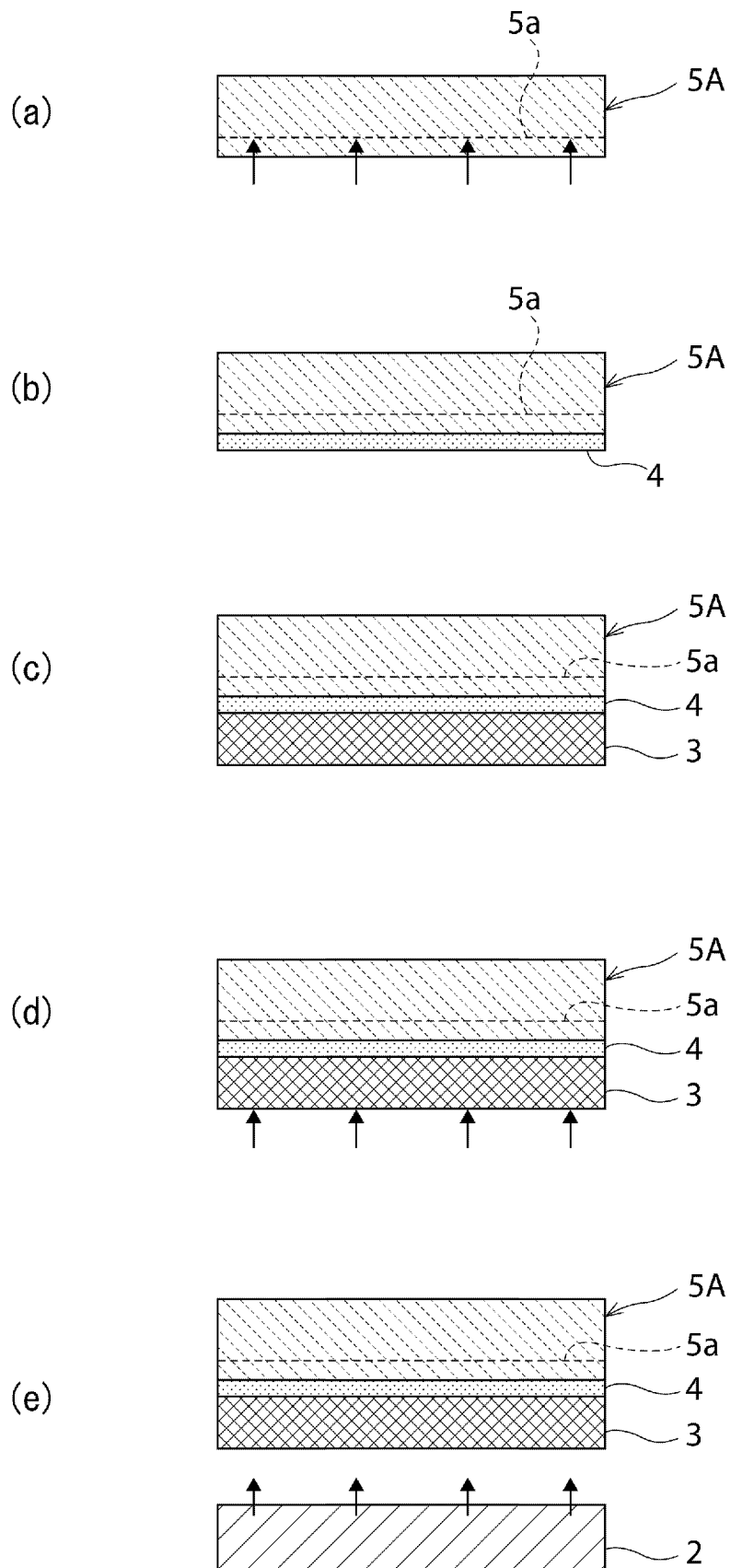
(b)



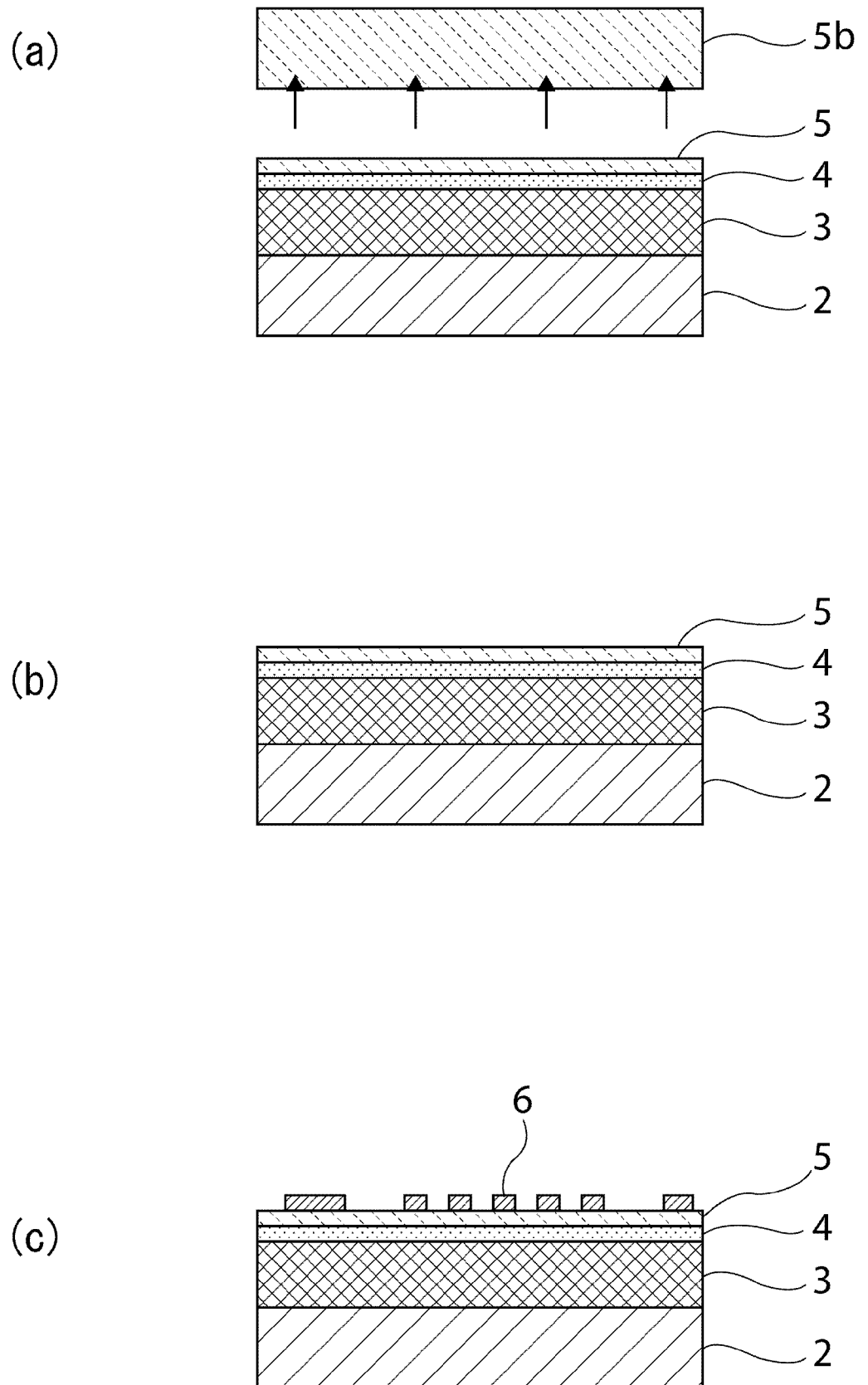
(c)



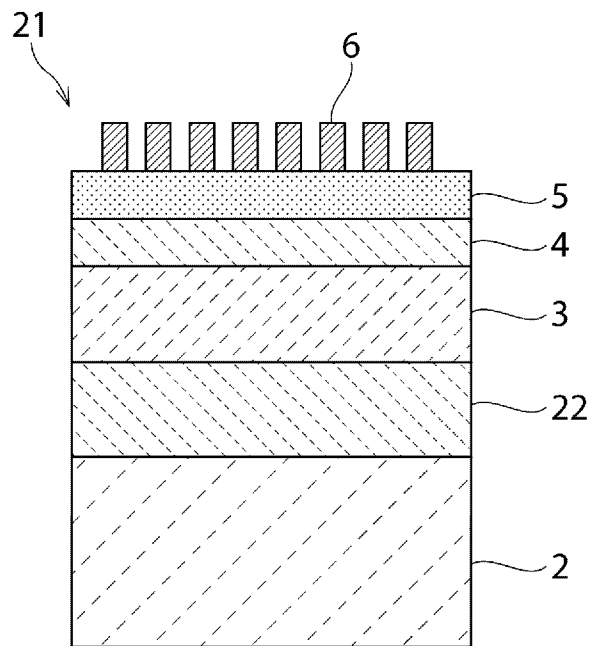
[図21]



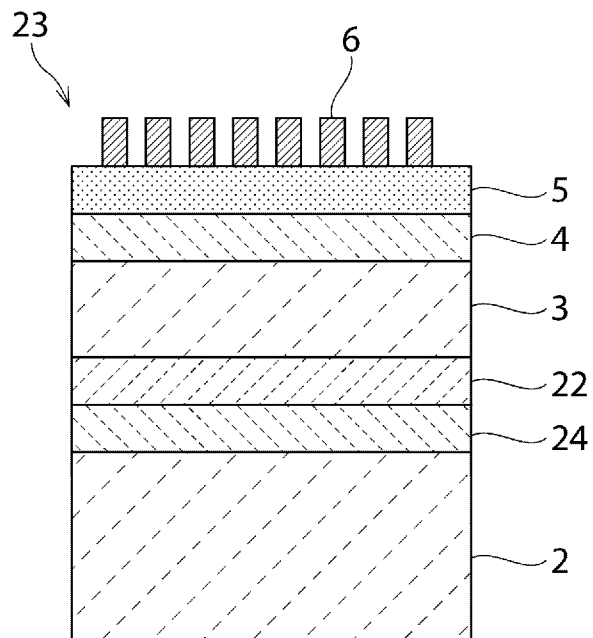
[図22]



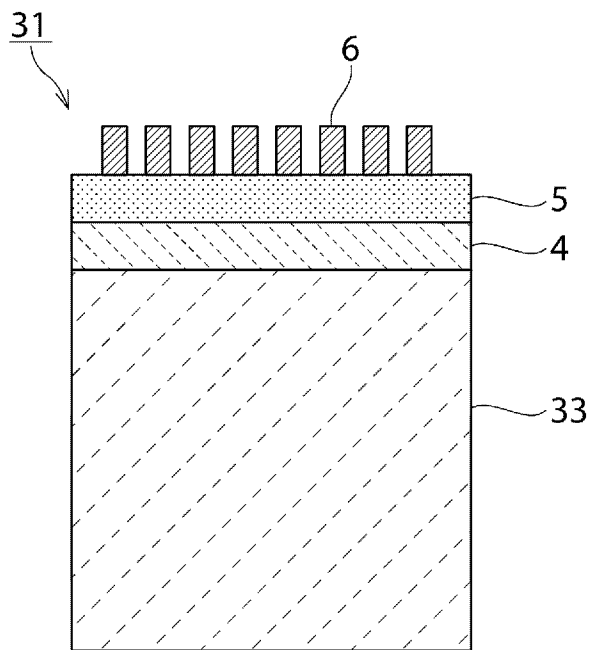
[図23]



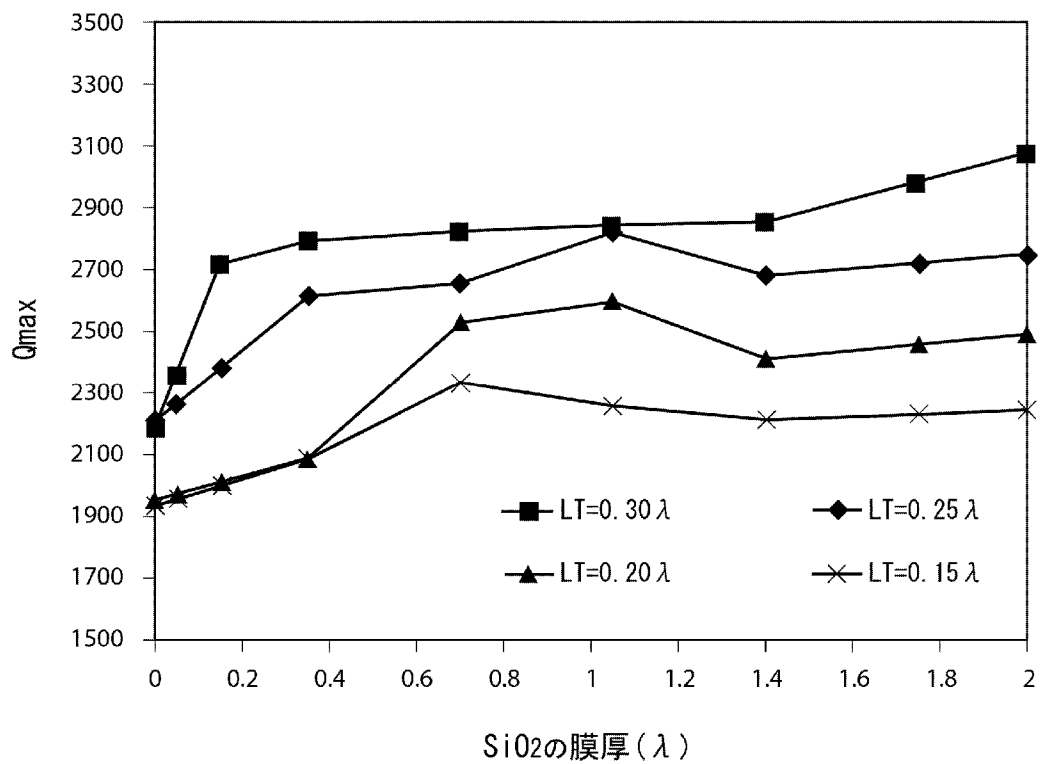
[図24]



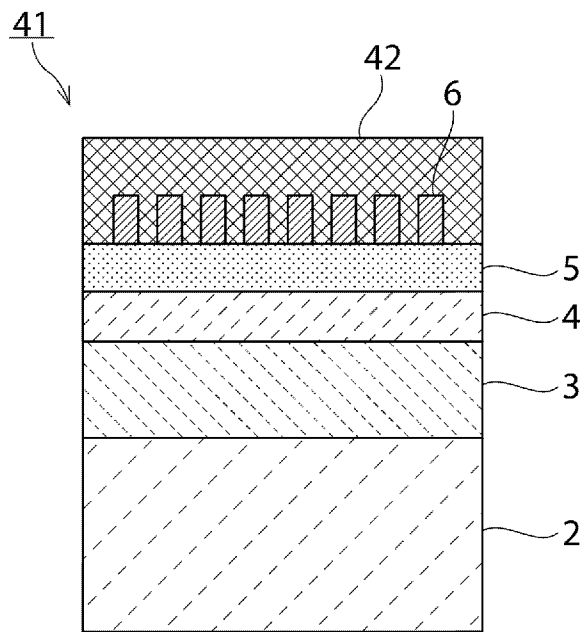
[図25]



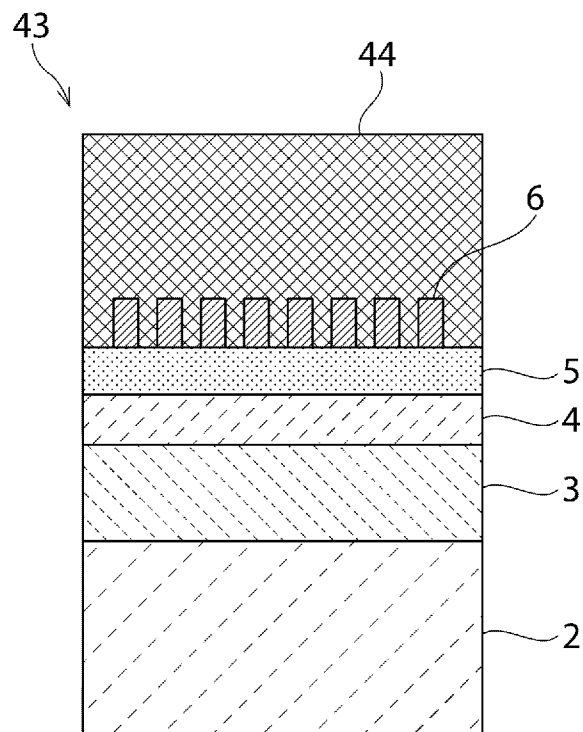
[図26]



[図27]

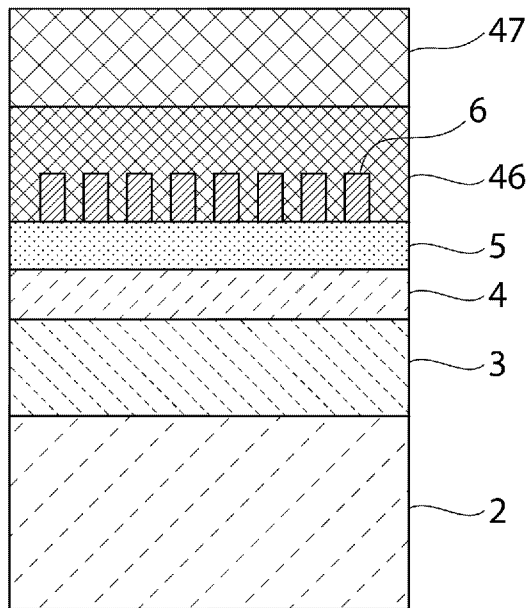


[図28]



[図29]

45



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/079496

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/145(2006.01)i, H03H3/08(2006.01)i, H03H9/25(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03H9/145, H03H3/08, H03H9/25

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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 Y A	JP 2005-354650 A (Seiko Epson Corp.), 22 December 2005 (22.12.2005), paragraph [0024]; fig. 1 (Family: none)	1-2, 5-8, 12 11, 13-15 3-4, 9-10, 16-19
Y	JP 2007-228120 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 06 September 2007 (06.09.2007), paragraphs [0024] to [0025], [0027] (Family: none)	11, 13
Y	JP 2010-251964 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 04 November 2010 (04.11.2010), paragraph [0126] & WO 2010/119745 A1	14

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 February, 2012 (21.02.12)Date of mailing of the international search report
06 March, 2012 (06.03.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/079496

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-067289 A (Fujitsu Media Devices Ltd.), 21 March 2008 (21.03.2008), paragraph [0038] & US 2008/0061657 A1	15
A	JP 11-274883 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 08 October 1999 (08.10.1999), fig. 1 (Family: none)	1-19
A	JP 2003-017967 A (Toshiba Corp.), 17 January 2003 (17.01.2003), fig. 1 to 5 (Family: none)	1-19
A	JP 2007-228225 A (Seiko Epson Corp.), 06 September 2007 (06.09.2007), fig. 1 to 4 (Family: none)	1-19
A	JP 2006-270360 A (Seiko Epson Corp.), 05 October 2006 (05.10.2006), fig. 2 (Family: none)	1-19

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03H9/145 (2006.01)i, H03H3/08 (2006.01)i, H03H9/25 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03H9/145, H03H3/08, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 Y A	JP 2005-354650 A（セイコーエプソン株式会社） 2005.12.22, [0024], 図1 (ファミリーなし)	1-2, 5-8, 12 11, 13-15 3-4, 9-10, 16-19
Y	JP 2007-228120 A（信越化学工業株式会社） 2007.09.06, [0024]-[0025], [0027] (ファミリーなし)	11, 13

☒ 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

2 1 . 0 2 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 6 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

橋本 和志

5 W

4 1 8 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 6

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 2010-251964 A (株式会社村田製作所) 2010.11.04, [0126] & WO 2010/119745 A1	14
Y	JP 2008-067289 A (富士通メディアデバイス株式会社) 2008.03.21, [0038] & US 2008/0061657 A1	15
A	JP 11-274883 A (住友電気工業株式会社) 1999.10.08, 図 1 (ファミリーなし)	1-19
A	JP 2003-017967 A (株式会社東芝) 2003.01.17, 図 1-5 (ファミリーなし)	1-19
A	JP 2007-228225 A (セイコーエプソン株式会社) 2007.09.06, 図 1-4 (ファミリーなし)	1-19
A	JP 2006-270360 A (セイコーエプソン株式会社) 2006.10.05, 図 2 (ファミリーなし)	1-19