

(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
2013 年 12 月 27 日(27.12.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/191122 A1

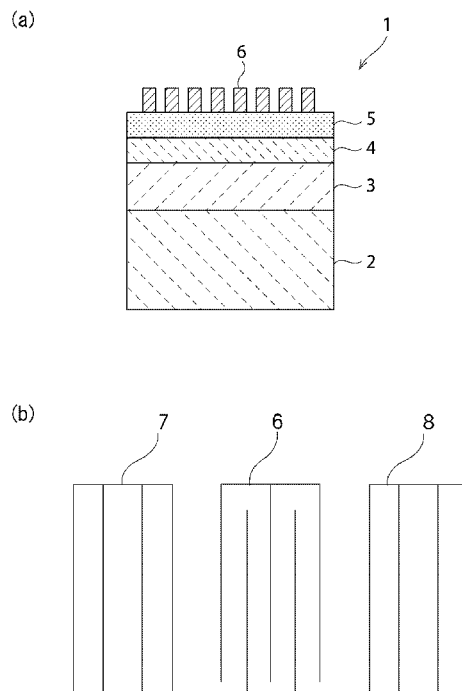
- (51) 国際特許分類:
H03H 9/145 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/066554
- (22) 国際出願日: 2013 年 6 月 17 日(17.06.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-140396 2012 年 6 月 22 日(22.06.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 岩本 英樹(IWAMOTO, Hideki); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 木戸 俊介(KIDO, Syunsuke); 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 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, BN, 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, 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, PA, 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.
- (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, 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).

[続葉有]

(54) Title: ELASTIC WAVE DEVICE

(54) 発明の名称: 弾性波装置

図1



(57) Abstract: An elastic wave device that has good characteristics and is capable of suppressing a response caused by a higher-order mode is provided. This elastic wave device (1) comprises: a high-acoustic-velocity film (3) that is laminated on a support substrate (2), said high-acoustic-velocity film having a higher propagating bulk acoustic wave velocity than the acoustic velocity of an elastic wave propagating through a piezoelectric film (5); a low-acoustic-velocity film (4) that is laminated on the high-acoustic-velocity film (3), said low-acoustic-velocity film having a lower propagating bulk acoustic wave velocity than the acoustic velocity of a bulk wave propagating through the piezoelectric film (5); the piezoelectric film (5) that is laminated on the low-acoustic-velocity film (4); and IDT electrodes (6) that are laminated on one surface of the piezoelectric film (5). In the structural section above the high-acoustic-velocity film, the degree of energy concentration in a main mode, that is, an elastic wave to be utilized, is set to 99.9% or higher, and the degree of energy concentration in the higher-order mode, which is spurious, is set to 99.5% or lower.

(57) 要約:

[続葉有]

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

特性が良好であり、かつ高次モードによる応答を抑制し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 I D T 電極 6 が積層されており、高音速膜より上方の構造部分において、利用する弾性波であるメインモードのエネルギー集中度が 99.9 % 以上であり、かつ、スプリアスとなる高次モードのエネルギー集中度が 99.5 % 以下とされる、弾性波装置 1。

明 細 書

発明の名称： 弾性波装置

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、弾性波を効果的に圧電薄膜中に閉じ込めることができていないため、弾性表面波装置のエネルギーが誘電体基板に漏れる。そのため、弾性波装置の特性が損な

われるという問題があった。

[0006] 本発明の目的は、特性の良好な弾性波装置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、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。本発明では、高音速膜を含み、かつ高音速膜より上方の構造部分において、利用する弾性波であるメインモードのエネルギー集中度が９９．９％以上であり、かつ、スプリアスとなる高次モードのエネルギー集中度が９９．５％以下とされている。

[0008] 本発明に係る弾性波装置のある特定の局面では、メインモードの反共振周波数における音速を V_1 [m/s]、高音速膜の音速を V_h [m/s]、弾性波の波長 λ [m]で規格化された高音速膜の膜厚を T_h (=高音速膜厚/ λ)としたときに、下記の各 V_h において V_1 と T_h が以下の関係式を満たしている。

[0009] ・ $4200 \leq V_h < 4400$ の場合；

$$V_1 \leq 125.9 \times T_h^2 - 102.0 \times T_h + 3715.0$$

・ $4400 \leq V_h < 4600$ の場合；

$$V_1 \leq 296.3 \times T_h^2 - 253.0 \times T_h + 3742.2$$

・ $4600 \leq V_h < 4800$ の場合；

$$V_1 \leq 506.1 \times T_h^2 - 391.5 \times T_h + 3759.2$$

・ $4800 \leq V_h < 5000$ の場合；

$$V_1 \leq 768.0 \times T_h^2 - 552.4 \times T_h + 3776.8$$

・ $5000 \leq V_h < 5200$ の場合；

$$V_1 \leq 848.5 \times T_h^2 - 541.6 \times T_h + 3767.8$$

・ $5200 \leq V_h < 5400$ の場合；

$$V_1 \leq 1065.2 \times T_h^2 - 709.4 \times T_h + 3792.8$$

・ $5400 \leq V_h < 5600$ の場合；

$$V_1 \leq 1197.1 \times T_h^2 - 695.0 \times T_h + 3779.8$$

・ $5600 \leq V_h < 5800$ の場合；

$$V_1 \leq 1393.8 \times T_h^2 - 843.8 \times T_h + 3801.5$$

・ $5800 \leq V_h < 6000$ の場合；

$$V_1 \leq 1713.7 \times T_h^2 - 1193.3 \times T_h + 3896.1$$

・ $6000 \leq V_h$ の場合；

$$V_1 \leq 1839.9 \times T_h^2 - 1028.7 \times T_h + 3814.1$$

[0010] 本発明に係る弾性波装置の他の特定の局面では、高次モードの音速を V_2 [m/s]、高音速膜の音速を V_h [m/s]、弾性波の波長 λ [m] で規格化された高音速膜の膜厚を T_h (=高音速膜厚/ λ) としたときに、下記の各 V_h において V_2 と T_h が以下の関係式を満たしている。

[0011] ・ $V_h < 4200$ の場合；

$$V_2 \geq 187.0 \times T_h^2 - 137.0 \times T_h + 3919.7$$

・ $4200 \leq V_h < 4400$ の場合；

$$V_2 \geq -115.0 \times T_h^2 + 515.0 \times T_h + 3796.4$$

・ $4400 \leq V_h < 4600$ の場合；

$$V_2 \geq -268.4 \times T_h^2 + 898.0 \times T_h + 3728.8$$

・ $4600 \leq V_h < 4800$ の場合；

$$V_2 \geq -352.8 \times T_h^2 + 1125.2 \times T_h + 3726.8$$

・ $4800 \leq V_h < 5000$ の場合；

$$V_2 \geq -568.7 \times T_h^2 + 1564.3 \times T_h + 3657.2$$

・ $5000 \leq V_h < 5200$ の場合；

$$V_2 \geq -434.2 \times T_h^2 + 1392.6 \times T_h + 3808.2$$

・ $5200 \leq V_h < 5400$ の場合；

$$V_2 \geq -576.5 \times T_h^2 + 1717.1 \times T_h + 3748.3$$

・ $5400 \leq V_h < 5600$ の場合；

$$V_2 \geq -602.9 \times T_h^2 + 1882.6 \times T_h + 3733.7$$

・ $5600 \leq V_h < 5800$ の場合；

$$V_2 \geq -576.9 \times T_h^2 + 2066.9 \times T_h + 3703.7$$

・ $5800 \leq V_h < 6000$ の場合；

$$V_2 \geq -627.0 \times T_h^2 + 2256.1 \times T_h + 3705.7$$

[0012] また、本発明に係る弾性波装置のさらに他の特定の局面では、高次モードの音速を V_2 [m/s]、高音速膜の音速を V_h [m/s]、弾性波の波長 λ [m] で規格化された高音速膜の膜厚を T_h (=高音速膜厚/ λ) としたときに、下記の各 V_h において V_2 と T_h が以下の関係式を満たしている。

[0013] ・ $V_h < 4200$ の場合；

$$V_2 \geq 197.8 \times T_h^2 - 158.0 \times T_h + 4128.5$$

・ $4200 \leq V_h < 4400$ の場合；

$$V_2 \geq -119.5 \times T_h^2 + 523.8 \times T_h + 3992.7$$

・ $4400 \leq V_h < 4600$ の場合；

$$V_2 \geq -274.0 \times T_h^2 + 908.9 \times T_h + 3924.2$$

・ $4600 \leq V_h < 4800$ の場合；

$$V_2 \geq -372.3 \times T_h^2 + 1162.9 \times T_h + 3910.9$$

・ $4800 \leq V_h < 5000$ の場合；

$$V_2 \geq -573.4 \times T_h^2 + 1573.9 \times T_h + 3852.8$$

・ $5000 \leq V_h < 5200$ の場合；

$$V_2 \geq -443.7 \times T_h^2 + 1411.0 \times T_h + 4000.5$$

・ $5200 \leq V_h < 5400$ の場合；

$$V_2 \geq -557.0 \times T_h^2 + 1679.2 \times T_h + 3964.2$$

・ $5400 \leq V_h < 5600$ の場合；

$$V_2 \geq -581.0 \times T_h^2 + 1840.1 \times T_h + 3951.6$$

・ $5600 \leq V_h < 5800$ の場合；

$$V_2 \geq -570.7 \times T_h^2 + 2054.7 \times T_h + 3908.8$$

・ $5800 \leq V_h < 6000$ の場合；

$$V2 \geq -731.1 \times Th^2 + 2408.0 \times Th + 3857.0$$

[0014] 本発明に係る弾性波装置の他の特定の局面では、前記支持基板を伝搬するバルク波音速が、前記高音速膜を伝搬するバルク波音速よりも遅い。この場合には、基板が低音速であるため、高次モードが基板側により確実に漏洩する。そのため、高次モードの影響をより効果的に抑制することができる。

[0015] 本発明に係る弾性波装置のさらに他の特定の局面では、第2の低音速膜がさらに備えられている。第2の低音速膜は前記支持基板と前記高音速膜との間に積層されている。また、前記圧電膜を伝搬するバルク波音速よりも第2の低音速膜を伝搬するバルク波音速は低速である第2の低音速膜がさらに備えられている。この場合には、第2の低音速膜に高次モードが漏洩しやすい。そのため、第2の低音速膜により高次モードを漏洩させることができる。よって、支持基板の材料の選択度の自由度を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、タンタル酸リチウム単結晶またはニオブ酸リチウム単結晶からなる。この場合には、イオン注入法を用い、圧電膜としての圧電体の薄膜を容易に形成することができる。また、カット角を選択することにより、様々な特性の弾性波装置を容易に提供することができる。

発明の効果

[0017] 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おり、さらに高音速膜を含み、高音速膜より上方の構造部分において、メインモード及び高次モードのエネルギー集中度が上記特定の範囲とされているため、利用する弾性波のエネルギーを圧電膜及び低音速膜が積層されている部分に効果的に閉じ込めることができる。加えて、スプリアスとなる高次モードを高音速膜の支持基板側に漏洩させることができ、高次モードスプリアスを抑制することが可能となる。よって、利用する弾性波による良好な共振特性やフィルタ特性などを得ることができ、しかも高次モードによる所望でないレスポンスを抑制することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0018] [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、高音速膜の膜厚が 0.2λ である場合の弾性表面波装置のメインモードであるSH波すなわち U_2 成分のエネルギー分布を示す模式図である。

[図3]図3は、高音速膜の膜厚が 0.5λ である場合の弾性表面波装置のメインモードであるSH波すなわち U_2 成分のエネルギー分布を示す模式図である。

[図4]図4は、高音速膜の膜厚が 1.0λ である場合の弾性表面波装置のメインモードであるSH波すなわち U_2 成分のエネルギー分布を示す模式図である。

[図5]図5は、高音速膜の膜厚が 3.0λ である場合の弾性表面波装置のメインモードであるSH波すなわち U_2 成分のエネルギー分布を示す模式図である。

[図6]図6は、高音速膜の膜厚が 0.5λ である場合の高次モードである $U_2 + U_3$ 成分のエネルギー分布を示す模式図である。

[図7]図7は、高音速膜の膜厚が 1.0λ である場合の高次モードである $U_2 + U_3$ 成分のエネルギー分布を示す模式図である。

[図8]図8は、高音速膜の膜厚が 2.0λ である場合の高次モードである $U_2 + U_3$ 成分のエネルギー分布を示す模式図である。

[図9]図9は、本発明の実施形態において、高音速膜の膜厚と、弾性表面波のエネルギー集中度との関係を示す図である。

[図10]図10は、高音速膜の膜厚と、利用する弾性波であるメインモードの音速と、高音速膜の音速との関係を示す図である。

[図11]図11は、高音速膜の膜厚と、利用する弾性波であるメインモードの音速との関係を示す図である。

[図12]図12は、高音速膜の膜厚と、高次モードの音速と、利用する高音速

膜の音速との関係を示す図である。

[図13]図13は、高音速膜の膜厚と、利用する弾性波であるメインモードと、スプリアスとなる高次モードの音速との関係を示す図である。

[図14]図14は、高音速膜の膜厚と、高次モードの音速と、利用する高音速膜の音速との関係を示す図である。

[図15]図15は、高音速膜の膜厚と、利用する弾性波であるメインモード及びスプリアスとなる高次モードの音速との関係を示す図である。

[図16]図16は、本発明の他の実施形態の弾性表面波装置の模式的正面断面図である。

[図17]図17は、メインモードの音速とエネルギー集中度と、高音速膜の膜厚との関係を示す図である。

[図18]図18は、高音速膜の膜厚と、メインモードの音速との関係を示す図である。

[図19]図19は、図18に示した高音速膜の膜厚とメインモードの音速との関係についての近似式を説明するための図である。

[図20]図20は、高次モードの音速とエネルギー集中度と、高音速膜の膜厚との関係を示す図である。

[図21]図21は、高次モードの音速とエネルギー集中度と、高音速膜の膜厚との関係を示す図である。

[図22]図22は、本発明の第3の実施形態としての弾性境界波装置を示す模式的正面断面図である。

[図23]図23は、本発明の第4の実施形態としての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

[0019] 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。

[0020] 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正面断面図である。

- [0021] 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 I D T 電極 6 が積層されている。なお、I D T 電極 6 は圧電膜 5 の下面に積層されていてもよい。
- [0022] 上記支持基板 2 は、高音速膜 3、低音速膜 4、圧電膜 5 及び I D T 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、圧電体、誘電体または半導体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。
- [0023] 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るように機能する。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、窒化ケイ素またはダイヤモンド等のさまざまな高音速材料を用いることができる。
- [0024] 本実施形態では、高音速膜を含み、高音速膜より上方の構造部分において、利用する弾性波であるメインモードのエネルギー集中度は 99.9% 以上であり、かつ、スプリアスとなる高次モードのエネルギー集中度は 99.5% 以下とされている。すなわち、利用する弾性波であるメインモードが高音速膜よりも上方の構造部分に確実に閉じ込められる。他方、スプリアスとなる高次モードは支持基板側に漏洩する。それによって、後述するように、利用する弾性波すなわちメインモードのエネルギーを、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ことができ、かつスプリアスとなる高次モードを高音速膜 3 の支持基板 2 側に漏洩させることが可能とされている。
- [0025] 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。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。

[0026] なお、下記の表 1 において、U 1 は P 波を主成分とし、U 2 は S H 波を主成分とし、U 3 は S V 波を主成分とする弾性波を意味する。

[0027] [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

[0028] 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、S H 波と S V 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 S V 波が遅い横波、S H 波が速い横波となる。

[0029] [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

[0030] 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を用いることができる。

[0031] 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。

- [0032] 圧電膜 5 は、適宜の圧電材料により形成することができるが、好ましくは、圧電単結晶からなる。圧電単結晶を用いた場合、オイラー角を選択することにより様々な特性の弾性波装置を容易に提供し得る。より好ましくは、タンタル酸リチウム単結晶またはニオブ酸リチウム単結晶が用いられ、その場合には、オイラー角を選択することにより弾性表面波装置 1 の共振特性やフィルタ特性をより一層高めることができる。
- [0033] 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。
- [0034] 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。
- [0035] 本実施形態の弾性波表面波装置 1 の特徴は、上記高音速膜 3、低音速膜 4 及び圧電膜 5 が上記のように積層されており、かつ、高音速膜を含み、高音速膜より上方の構造部分において、利用する弾性波であるメインモードのエネルギー集中度は 99.9% 以上であり、かつ、スプリアスとなる高次モードのエネルギー集中度は 99.5% 以下とされていることにある。それによって、利用する弾性波すなわちメインモードを効果的に閉じ込め、かつ高次モードスプリアスを効果的に抑制し得る。これを、以下において説明する。
- [0036] 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、弾性波の高音速化を図り得ることが知られている。

[0037] 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 I D T 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。なお、高音速膜 3 と圧電膜 5 との間に低音速膜 4 が配置されているため、高音速膜上に圧電膜を形成した構造に比べ、弾性波の音速は低下する。しかしながら、本願発明の構造においては、圧電膜および低音速膜を適切に選択することにより、圧電膜単体よりも高音速化が可能となる。すなわち、本願発明の構造においても高周波化は可能である。

[0038] さらに、本実施形態では、高音速膜を含み、高音速膜より上方の構造部分において、利用する弾性波であるメインモードのエネルギー集中度は 99.9% 以上であり、かつ、スプリアスとなる高次モードのエネルギー集中度は 99.5% 以下であるため、高音速膜 3 までの部分に弾性波のエネルギーを閉じ込めるとともに、高次モードを高音速膜 3 の支持基板 2 側に漏洩させることができる。これを、図 2 ～ 図 8 を参照して説明する。

[0039] 図 2 ～ 図 5 は、利用する弾性波であるメインモードのエネルギー分布を示す図であり、図 6 ～ 8 は、高次モードのエネルギー分布を示す図である。なお、図 2 ～ 図 8 の結果は、以下の弾性表面波装置 1 を前提とした有限要素法により得られた結果である。上から順に、I D T 電極 6 : A l 電極、厚み 0.08 λ / 圧電膜 5 : Y カット L i T a O₃ の L i T a O₃ 単結晶膜、厚み 0.25 λ / 低音速膜 4 : 酸化ケイ素膜、厚み 0.34 λ / 高音速膜 3 : 窒化アルミニウム膜、厚み 0.1 λ ～ 3.0 λ の間で変化させた / 支持基板 2 : ガラス基板。ただし、 λ は I D T 電極の電極指の周期で定まる弾性波の波長である。

[0040] 図 2 ～ 図 5 及び図 6 ～ 図 8 において、図の縦方向は弾性表面波装置 1 の厚み方向である。破線 A が高音速膜 3 の上面の位置を、破線 B が高音速膜 3 の

下面の位置を示す。

[0041] 図2、図3、図4及び図5は、高音速膜3を構成している窒化アルミニウム膜の膜厚を、それぞれ、 0.2λ 、 0.5λ 、 1.0λ 、 3.0λ とした場合のメインモードである弾性波のエネルギー分布を示す。ここで利用している弾性波は、図2～図5におけるU2成分、すなわちSH波である。

[0042] 図2から明らかなように、窒化アルミニウム膜からなる高音速膜3の膜厚が 0.2λ である場合、利用するメインモードであるU2成分が高音速膜3の下面よりも下方に漏洩していることがわかる。これに対して、図3～図5に示すように、高音速膜3を構成している窒化アルミニウム膜の膜厚が 0.5λ 以上の場合には、高音速膜3の下面よりも上方にU2成分すなわちSH波のエネルギーが良好に閉じ込められていることがわかる。従って、高音速膜3の膜厚を 0.5λ 以上とすることによりメインモードすなわち使用する弾性波のエネルギーを効果的に閉じ込め得ることがわかる。ここで、メインモードのエネルギーは99.9%以上閉じ込められている。すなわち、メインモードのエネルギー集中度は99.9%以上である。

[0043] 他方、図6、図7及び図8は、窒化アルミニウム膜からなる高音速膜3の膜厚をそれぞれ、 0.5λ 、 1.0λ 及び 2.0λ としたときの高次モードのエネルギー分布を示す。ここでは、高次モードのU2成分+U3成分がスプリアスとして問題となる。図8に示されているように、窒化アルミニウム膜の膜厚が 2.0λ の場合には、U2成分及びU3成分が高音速膜3よりも上方に大きなエネルギーで分布していることがわかる。これに対して、窒化アルミニウム膜の膜厚が 1.0λ 以下である図6及び図7の場合には、高次モードの高音速膜3上方へのエネルギー集中度はメインモードに比べて低くなっており、U2成分及びU3成分が高音速膜3の支持基板2側にかかり漏洩していることがわかる。

[0044] 従って、利用する弾性波であるメインモードのエネルギー集中度は99.9%以上であり、かつ、スプリアスとなる高次モードのエネルギー集中度は99.5%以下であるようにするために、窒化アルミニウム膜の膜厚を 0.5λ

5λ〜1.0λの範囲とすれば、メインモードのエネルギーを閉じ込めつつ、高次モードを高音速膜3から支持基板2側に漏洩させることができる。従って、メインモードすなわち弾性表面波による良好な特性を得ることができ、かつ高次モードによる帯域外のスプリアスを効果的に抑制し得ることがわかる。

[0045] ところで、弾性波エネルギーの支持基板2側への漏洩の有無を判定する指標の一つとして、エネルギー集中度が知られている。図9は、高音速膜3の膜厚を変化させた場合のメインモードと高次モードのエネルギー集中度を示す図である。

[0046] 図9の縦軸は、メインモード及び高次モードの各エネルギー集中度(%)を示す。ここで、エネルギー集中度とは、IDT電極6／圧電膜5／低音速膜4／高音速膜3の積層構造内に閉じ籠もっているモードのエネルギーの、該モードの全エネルギーに対する割合を示す。このエネルギー集中度が100%であれば、支持基板2側にエネルギーが漏洩していないことを意味する。100%より低い場合には、集中度低下分は、支持基板2側に漏洩しているエネルギーの割合を意味することとなる。エネルギー集中度の計算方法としては、図2〜図8に示したエネルギー分布を所望の深さ（高音速膜3の下層）まで積分したエネルギーをE1、全エネルギーをE_{total}としたときに、

$$\text{エネルギー集中度 (\%)} = (E1 / E_{\text{total}} \times 100)$$

で計算される。

[0047] 図9から明らかなように、高音速膜の膜厚を、0.5λ以上とすれば、メインモードのエネルギー集中度はほぼ100%となる。従って、メインモードを効果的に閉じ込め得ることがわかる。また、高音速膜3の膜厚を1.2λ以下とすることにより、高次モードを漏洩させ得ることがわかる。

[0048] 従って図9から明らかなように、高音速膜3の膜厚は、0.5λ以上、1.2λ以下であることが必要であることがわかる。

[0049] なお、高次モードを漏洩させ、スプリアスを抑圧するには、高次モードの

エネルギー集中度を99.9%以下、より好ましくは98%以下とすることが望ましい。従って、1.2λ以下の膜厚であれば、高次モードのエネルギー集中度を100%未満とすることができるため、上記のように高次モードを支持基板側に漏洩させることができる。もっとも、より好ましくは、高音速膜3の膜厚を1.0λ以下とすることにより、高次モードの上記エネルギー集中度を99.5%以下とすることができ、膜厚を0.8λ以下とすることにより高次モードのエネルギー集中度を98%以下とすることができる。従って、高音速膜3の膜厚の上限は、1.0λ以下とすることが好ましく、より好ましくは0.8λ以下とすることが望ましい。

[0050] なお、図2～図9に示す結果は、圧電膜5がLiTaO₃単結晶、低音速膜4が酸化ケイ素、高音速膜3が窒化アルミニウム膜の場合についての評価結果である。しかしながら、本発明においては、圧電膜5、低音速膜4及び高音速膜3を他の材料で構成した場合においても、図2～図9と同様の結果が得られることが確かめられている。

[0051] 図17は、A1電極膜厚を0.08λ、YカットLTの厚みを0.01λ～0.5λ、低音速膜厚を0.05λ～2.00λ、高音速膜の音速を4200m/秒としたときのメインモードの音速とエネルギー集中度と、高速膜厚の膜厚との関係を示す図である。メインモードのエネルギーは、メインモードの音速が速くなると、より漏洩しやすくなり、また、高音速膜の膜厚が薄くなると漏洩しやすくなることが分かる。ここで、メインモードのエネルギー集中度が99.99%となる場合の、高音速膜厚とメインモードの音速の関係をプロットした。これを図18に示す。なお、メインモードの音速とは、反共振周波数における音速のことを意味する。

[0052] この図18において、メインモードの音速が、プロットされている値より遅くなるようにすれば、メインモードのエネルギー集中度は99.99%を満足する。ここで、図18におけるプロットの結果からメインモードの音速をy、高音速膜の膜厚をxとして近似すると、図19に示すように、 $y = 125.9x^2 - 102.0x + 3,715.0$ が得られる。ただし、 $R^2 = 1$

・ 0である。すなわち、メインモードの反共振周波数における音速を V_1 [m/s]、弾性表面波の波長 λ [m] で規格化された高音速膜の膜厚を T_h ($=\text{高音速膜厚}/\lambda$) としたとき、次の関係式を満足するようにすればよい。

[0053]
$$V_1 \leq 125.9 \times T_h^2 - 102.0 \times T_h + 3715.0 \cdots (1)$$

[0054] もっとも、上記式 (1) は高音速膜の音速を V_h [m/s] とした場合、 $V_h = 4200$ の時の結果であるが、 $4200 \leq V_h < 4400$ の範囲内においては、上記式 (1) を満たせばいいことが、本願発明者らにより確かめられている。

[0055] 同様にして、高音速膜の音速 V_h [m/s] を場合分けして、それぞれの高音速膜の音速 V_h における、メインモードの反共振周波数における音速 V_1 と、弾性表面波の波長 λ [m] で規格化された高音速膜の膜厚 T_h との関係を算出した。結果を以下に示す。

[0056] ・ $4400 \leq V_h < 4600$ の場合；

$$V_1 \leq 296.3 \times T_h^2 - 253.0 \times T_h + 3742.2$$

・ $4600 \leq V_h < 4800$ の場合；

$$V_1 \leq 506.1 \times T_h^2 - 391.5 \times T_h + 3759.2$$

・ $4800 \leq V_h < 5000$ の場合；

$$V_1 \leq 768.0 \times T_h^2 - 552.4 \times T_h + 3776.8$$

・ $5000 \leq V_h < 5200$ の場合；

$$V_1 \leq 848.5 \times T_h^2 - 541.6 \times T_h + 3767.8$$

・ $5200 \leq V_h < 5400$ の場合；

$$V_1 \leq 1065.2 \times T_h^2 - 709.4 \times T_h + 3792.8$$

・ $5400 \leq V_h < 5600$ の場合；

$$V_1 \leq 1197.1 \times T_h^2 - 695.0 \times T_h + 3779.8$$

・ $5600 \leq V_h < 5800$ の場合；

$$V_1 \leq 1393.8 \times T_h^2 - 843.8 \times T_h + 3801.5$$

・ $5800 \leq V_h < 6000$ の場合；

$$V_1 \leq 1713.7 \times Th^2 - 1193.3 \times Th + 3896.1$$

・ $6000 \leq V_h$ の場合；

$$V_1 \leq 1839.9 \times Th^2 - 1028.7 \times Th + 3814.1$$

[0057] 図10は、高音速膜の膜厚と、利用する弾性波すなわちメインモードの音速と、利用する高音速膜の音速との関係を有限要素法により求めた結果を示す図である。ちなみに、図10における、高音速膜の音速が4200m/秒であるときの関係が、前述の式(1)である。以下、同様にして、各高音速膜の音速における、高音速膜厚とメインモードの音速の関係を算出したものを示したものが図10となっている。なお前提とした構造は以下の通りである。

[0058] 上から順に、IDT電極6：Al電極、膜厚は0.08λ/圧電膜5：YカットLiTaO₃単結晶、膜厚は0.01λ~0.50λ/低音速膜4：酸化ケイ素膜、膜厚は0.05λ~2.00λ/高音速膜3：音速が4200m/秒~6000m/秒の各種高音速膜、膜厚は1.6λ未満/支持基板2：ガラス基板。

[0059] なお、高音速膜の音速は、高音速膜を構成する材料を種々異ならせることにより変化させることができるが、図10では、4200m/秒~6000m/秒の範囲の複数種の高音速膜についての結果を示した。

[0060] 図10のメインモードの音速とは、高音速膜の音速が4200m/秒~6000m/秒のいずれかの場合のメインモードの支持基板2側への漏洩が始まるときのメインモードの音速を示す。図10に示した各曲線よりもメインモードの音速が遅くなれば、メインモードを高音速膜3よりも上方に完全に閉じ込めることができる。従って、良好なデバイス特性を得ることができる。このようなメインモードの音速のコントロールは、IDT電極6、圧電膜5、低音速膜4の各膜厚及び材料を選択することにより実現することができる。一例として、下記の第1の構造例の弾性表面波装置を構成した場合、メインモードの音速は3800m/秒程度となる。

[0061] (第1の構造例)

I D T電極6 : A l 膜、厚み0. 08 λ / 圧電膜5 : YカットL i T a O₃ 単結晶、厚み0. 25 λ / 低音速膜4 : S i O₂、厚み0. 35 λ / 高音速膜3 : 窒化アルミニウム膜、音速5800 m / 秒。

[0062] また、図11は、高音速膜の音速が5800 m / 秒である場合の高音速膜の膜厚と、メインモードの音速との関係を示す図である。図11の曲線は、高音速膜の音速が5800 m / 秒の場合のメインモードが漏洩を開始する音速を示す。この曲線よりも上方では、メインモードが漏洩し、良好な弾性波特性を得ることができない。他方、上記メインモードの音速が3800 m / 秒の場合には、図11の破線Dで示す位置にメインモードの音速が位置する。従って、この場合、高音速膜の膜厚は0. 6 λ 以上とすべきことがわかる。

[0063] 上記の第1の構造例から明らかなように、高音速膜3の音速、高音速膜3の膜厚及びメインモードの音速を制御することにより、メインモードをより一層完全に効果的に閉じ込めることができる。

[0064] なお、図10及び図11においても、I D T電極6をA lで構成し、圧電膜5がL i T a O₃、低音速膜4が酸化ケイ素により構成されていたが、他の材料を用いた場合においても同様の関係が成立することが本願発明者により確かめられている。すなわち、他の構造、材料を用いた場合にも図10を参照することにより最適膜厚を設定することができる。

[0065] 次に、高次モードのエネルギーを支持基板2側へ漏洩させるための条件を検討した。前提とした構造は以下の第2の構造例の通りである。

[0066] (第2の構造例)

I D T電極6 : A l 膜、膜厚は変化させた / 圧電膜5 : YカットL i T a O₃ 単結晶、膜厚=0. 01 λ ~ 0. 50 λ / 低音速膜4 : 酸化ケイ素、膜厚0. 05 λ ~ 2. 00 λ / 高音速膜3 : 音速が4200 m / 秒 ~ 6000 m / 秒の各種高音速膜、膜厚は1. 6 λ 以下とした / 支持基板2 : ガラス基板。

[0067] ここで、図10を導いた場合と同様にして、高次モードのエネルギー集中

度が99.5%となる場合の、高音速膜厚と高次モードの音速の関係をプロットした。これを図20に示す。この図20の結果を用い、高次モードのエネルギー集中度が99.5%以下を満足するように、この関係を設定した。そして、高音速膜の音速 V_h [m/s] を場合分けして、それぞれの高音速膜の音速 V_h における、高次モードの音速 V_2 と、弾性表面波の波長 λ [m] で規格化された高音速膜の膜厚 T_h との関係を算出した。結果を以下に示す。

[0068] ・ $V_h < 4200$ の場合；

$$V_2 \geq 187.0 \times T_h^2 - 137.0 \times T_h + 3919.7$$

・ $4200 \leq V_h < 4400$ の場合；

$$V_2 \geq -115.0 \times T_h^2 + 515.0 \times T_h + 3796.4$$

・ $4400 \leq V_h < 4600$ の場合；

$$V_2 \geq -268.4 \times T_h^2 + 898.0 \times T_h + 3728.8$$

・ $4600 \leq V_h < 4800$ の場合；

$$V_2 \geq -352.8 \times T_h^2 + 1125.2 \times T_h + 3726.8$$

・ $4800 \leq V_h < 5000$ の場合；

$$V_2 \geq -568.7 \times T_h^2 + 1564.3 \times T_h + 3657.2$$

・ $5000 \leq V_h < 5200$ の場合；

$$V_2 \geq -434.2 \times T_h^2 + 1392.6 \times T_h + 3808.2$$

・ $5200 \leq V_h < 5400$ の場合；

$$V_2 \geq -576.5 \times T_h^2 + 1717.1 \times T_h + 3748.3$$

・ $5400 \leq V_h < 5600$ の場合；

$$V_2 \geq -602.9 \times T_h^2 + 1882.6 \times T_h + 3733.7$$

・ $5600 \leq V_h < 5800$ の場合；

$$V_2 \geq -576.9 \times T_h^2 + 2066.9 \times T_h + 3703.7$$

・ $5800 \leq V_h < 6000$ の場合；

$$V_2 \geq -627.0 \times T_h^2 + 2256.1 \times T_h + 3705.7$$

[0069] 図12は、高音速膜の膜厚と、高次モードの音速と、高音速膜の音速との

関係を示す。図12における、各高音速膜の音速であるときの関係が、上述の関係式である。すなわち、図12の各曲線は、高音速膜の音速が4200 m/秒～6000 m/秒の範囲のいずれかの場合に、高次モードが支持基板2側へ漏洩が始まるときの高次モードの音速を示す。図12に示されている曲線よりも高次モードの音速が速くなると、高次モードが支持基板2側へ漏洩することとなる。それによって、高次モードを高音速膜3よりも下方に漏洩させることができ、スプリアスを抑制することができる。このような高次モードの音速のコントロールは、IDT電極6、圧電膜5、低音速膜4の膜厚及び材料をコントロールすることにより達成し得る。一例として、以下の構造の弾性表面波装置を挙げる。この場合に、メインモードの音速は3800 m/秒となり、高次モードの音速は5240 m/秒となる。

[0070] (構造)

IDT電極6：Al膜、厚み0.08λ/圧電膜5：YカットLiTaO₃単結晶、厚み0.25λ/低音速膜4：SiO₂、厚み0.35λ/高音速膜3：窒化アルミニウム膜、音速5800 m/秒、厚み0.70λ/ガラス支持基板

[0071] 高音速膜3の音速が5800 m/秒の場合のメインモード及び高次モードの漏洩が開始する音速を図13に示す。図13は、高音速膜の膜厚と、メインモード及び高次モードの音速との関係を示し、すなわちメインモード及び高次モードが漏洩を開始する際の音速を示す。

[0072] 図13から明らかなように、高音速膜の膜厚が0.6λ以上であれば、メインモードの音速が3800 m/秒である場合、メインモードを効果的に閉じ込めることができる。他方、高次モードを抑制するには、高音速膜の膜厚を1.05λ以下とすればよいことがわかる。第2の構造例においても、他の構造、材料を用いた場合にも図12を参照することにより最適膜厚を設定することが可能となる。

[0073] 図14は図12に相当する図である。すなわち、図12の結果を得るのに用いた第2の構造例を前提とし、高次モードが支持基板2側へ漏洩し始める

際の高次モードの音速と、高音速膜の膜厚と、高音速膜の音速との関係を示す。ただし、ここでは、支持基板 2 側へ高次モードが 2.0% 以上漏洩する時点での高次モードの音速を縦軸とした。従って、図 12 の場合に比べ、図 14 に示した結果では、高次モードがより一層支持基板 2 側へ漏洩することとなる。すなわち、図 14 に示す各曲線よりも高次モードの音速を速めるように高音速膜 3 の膜厚を設定すれば、高次モードを支持基板 2 側へ効果的に漏洩させることができる。

[0074] また、図 14 の導出は、図 10 および図 12 を導いた場合と同様にして行った。すなわち、高次モードのエネルギー集中度が 98% となる場合の、高音速膜厚と高次モードの音速の関係をプロットした。これを図 21 に示す。図 21 を参照し、かつ高次モードのエネルギー集中度が 98% 以下を満足するように、この関係を設定した。そして、高音速膜の音速 V_h [m/s] を場合分けして、それぞれの高音速膜の音速 V_h における、高次モードの音速 V_2 と、弾性表面波の波長 λ [m] で規格化された高音速膜の膜厚 T_h との関係性を算出した。結果を以下に示す。

[0075] ・ $V_h < 4200$ の場合；

$$V_2 \geq 197.8 \times T_h^2 - 158.0 \times T_h + 4128.5$$

・ $4200 \leq V_h < 4400$ の場合；

$$V_2 \geq -119.5 \times T_h^2 + 523.8 \times T_h + 3992.7$$

・ $4400 \leq V_h < 4600$ の場合；

$$V_2 \geq -274.0 \times T_h^2 + 908.9 \times T_h + 3924.2$$

・ $4600 \leq V_h < 4800$ の場合；

$$V_2 \geq -372.3 \times T_h^2 + 1162.9 \times T_h + 3910.9$$

・ $4800 \leq V_h < 5000$ の場合；

$$V_2 \geq -573.4 \times T_h^2 + 1573.9 \times T_h + 3852.8$$

・ $5000 \leq V_h < 5200$ の場合；

$$V_2 \geq -443.7 \times T_h^2 + 1411.0 \times T_h + 4000.5$$

・ $5200 \leq V_h < 5400$ の場合；

$V_2 \geq -557.0 \times Th^2 + 1679.2 \times Th + 3964.2$
 $\cdot 5400 \leq V_h < 5600$ の場合;

$V_2 \geq -581.0 \times Th^2 + 1840.1 \times Th + 3951.6$
 $\cdot 5600 \leq V_h < 5800$ の場合

$V_2 \geq -570.7 \times Th^2 + 2054.7 \times Th + 3908.8$
 $\cdot 5800 \leq V_h < 6000$ の場合

$V_2 \geq -731.1 \times Th^2 + 2408.0 \times Th + 3857.0$

[0076] 図14において、高音速膜の音速が5800m/秒の場合について、高音速膜の膜厚とメインモード及び高次モードの音速との関係を図15に示す。図15の実線がメインモード、一点鎖線が高次モードが漏洩を開始する音速を示す。図15から明らかなように、高音速膜の膜厚を0.6λ以上とすることによりメインモードを効果的に閉じ込めることができる。また、0.85λ以下とすることにより、高次モードを十分に漏洩させることができる。従って、好ましくは、高音速膜の膜厚は0.6λ～0.85λの範囲とすることが望ましい。また、他の構造や材料を用いた場合にも図14を参照することにより最適膜厚を設定することができる。これにより、図12の条件よりも、高次モードをより一層抑制することができる。

[0077] なお、図15は高音速膜の膜厚が5800m/秒の場合につき説明したが、高音速膜の音速が他の場合の値においても同様であることが本願発明者により確かめられている。

[0078] 図1に示した弾性表面波装置1では、好ましくは、支持基板2の音速が、遅いことが望ましい。それによって、より多くの高次モードのエネルギーを支持基板2側へ漏洩させることができる。従って、好ましくは、支持基板2の音速は、高音速膜3の音速よりも遅いことが望ましい。

[0079] 上記実施形態では、支持基板2としてガラス基板を用いたが、ガラスに代えてアルミナを用いてもよい。さらに、高音速膜3と支持基板2との間に図16に示すように、第2の低音速膜9を積層してもよい。第2の低音速膜9としては、上記低音速膜4と同様の材料を用いることができる。本実施形態

では、第2の低音速膜9は酸化ケイ素からなる。酸化ケイ素を用いた場合には、周波数温度係数TCFの絶対値を低め、温度特性を改善することもできる。

[0080] 上記第2の低音速膜9を配置した場合、第2の低音速膜9に高音速膜3側から高次モードを効果的に漏洩させることができる。従って、アルミナのように高音速の支持基板材料を用いて支持基板2を構成した場合であっても、高次モードを高音速膜3より下方に漏洩させることができる。従って、第2の低音速膜9を用いた場合には、支持基板2を構成する材料の選択の自由度を高めることができる。

[0081] LiTaO_3 単結晶や LiNbO_3 単結晶などを用いた場合には、イオン注入及びイオン注入部分からの剥離法を用いるプロセスにより、厚みの薄い圧電薄膜を容易に得ることができる。

[0082] (第3及び第4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22は、第3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44との界面にIDT電極6が形成されている。

[0083] また、図23は、第4の実施形態としてのいわゆる三媒質構造の弾性境界波装置45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46との界面にIDT電極6が形成されている。さらに、誘電体46上に誘電体46よりも横波音速が速い誘電体47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。

[0084] 弾性境界波装置43、45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

- [0085] 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
 6… I D T 電極
 7, 8…反射器
 9…第 2 の低音速膜
 4 3…弾性境界波装置
 4 4…誘電体
 4 5…弾性境界波装置
 4 6, 4 7…誘電体

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、
 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 I D T 電極とを備え、
 高音速膜を含み、かつ高音速膜より上方の構造部分において、利用する弾性波であるメインモードのエネルギー集中度が 99.9% 以上であり、かつ、スプリアスとなる高次モードのエネルギー集中度が 99.5% 以下とされる、弾性波装置。

[請求項2]

メインモードの反共振周波数における音速を V_1 [m/s]、高音速膜の音速を V_h [m/s]、弾性波の波長 λ [m] で規格化された高音速膜の膜厚を T_h ($=$ 高音速膜厚 / λ) としたときに、以下の各 V_h において V_1 と T_h が以下の関係式を満たす、請求項 1 に記載の弾性波装置。

・ $4200 \leq V_h < 4400$ の場合；

$$V_1 \leq 125.9 \times T_h^2 - 102.0 \times T_h + 3715.0$$

・ $4400 \leq V_h < 4600$ の場合；

$$V_1 \leq 296.3 \times T_h^2 - 253.0 \times T_h + 3742.2$$

・ $4600 \leq V_h < 4800$ の場合；

$$V_1 \leq 506.1 \times T_h^2 - 391.5 \times T_h + 3759.2$$

・ $4800 \leq V_h < 5000$ の場合；

$$V_1 \leq 768.0 \times T_h^2 - 552.4 \times T_h + 3776.8$$

・ $5000 \leq V_h < 5200$ の場合；

$$V_1 \leq 848.5 \times T_h^2 - 541.6 \times T_h + 3767.8$$

・ $5200 \leq V_h < 5400$ の場合；

$$V_1 \leq 1065.2 \times T_h^2 - 709.4 \times T_h + 3792.8$$

8

・ $5400 \leq V_h < 5600$ の場合；

$$V_1 \leq 1197.1 \times T_h^2 - 695.0 \times T_h + 3779.8$$

8

・ $5600 \leq V_h < 5800$ の場合；

$$V_1 \leq 1393.8 \times T_h^2 - 843.8 \times T_h + 3801.5$$

5

・ $5800 \leq V_h < 6000$ の場合；

$$V_1 \leq 1713.7 \times T_h^2 - 1193.3 \times T_h + 3896.1$$

. 1

・ $6000 \leq V_h$ の場合；

$$V_1 \leq 1839.9 \times T_h^2 - 1028.7 \times T_h + 3814.1$$

. 1

[請求項3]

高次モードの音速を V_2 [m/s]、高音速膜の音速を V_h [m/s]、弾性波の波長 λ [m] で規格化された高音速膜の膜厚を T_h (=高音速膜厚/ λ) としたときに、以下の各 V_h において V_2 と T_h が以下の関係式を満たす、請求項2に記載の弾性波装置。

・ $V_h < 4200$ の場合；

$$V_2 \geq 187.0 \times T_h^2 - 137.0 \times T_h + 3919.7$$

・ $4200 \leq V_h < 4400$ の場合；

$$V_2 \geq -115.0 \times T_h^2 + 515.0 \times T_h + 3796.4$$

4

・ $4400 \leq V_h < 4600$ の場合；

$$V_2 \geq -268.4 \times T_h^2 + 898.0 \times T_h + 3728.8$$

8

・ $4600 \leq V_h < 4800$ の場合；

$$V_2 \geq -352.8 \times T_h^2 + 1125.2 \times T_h + 3726$$

・ $4800 \leq V_h < 5000$ の場合；

$$V_2 \geq -568.7 \times T_h^2 + 1564.3 \times T_h + 3657$$

・ $5000 \leq V_h < 5200$ の場合；

$$V_2 \geq -434.2 \times T_h^2 + 1392.6 \times T_h + 3808$$

・ $5200 \leq V_h < 5400$ の場合；

$$V_2 \geq -576.5 \times T_h^2 + 1717.1 \times T_h + 3748$$

・ $5400 \leq V_h < 5600$ の場合；

$$V_2 \geq -602.9 \times T_h^2 + 1882.6 \times T_h + 3733$$

・ $5600 \leq V_h < 5800$ の場合；

$$V_2 \geq -576.9 \times T_h^2 + 2066.9 \times T_h + 3703$$

・ $5800 \leq V_h < 6000$ の場合；

$$V_2 \geq -627.0 \times T_h^2 + 2256.1 \times T_h + 3705$$

[請求項4]

高次モードの音速を V_2 [m/s]、高音速膜の音速を V_h [m/s]、弾性波の波長 λ [m] で規格化された高音速膜の膜厚を T_h (=高音速膜厚/ λ) としたときに、以下の各 V_h において V_2 と T_h が以下の関係式を満たす、請求項2に記載の弾性波装置。

・ $V_h < 4200$ の場合；

$$V_2 \geq 197.8 \times T_h^2 - 158.0 \times T_h + 4128.5$$

・ $4200 \leq V_h < 4400$ の場合；

$$V_2 \geq -119.5 \times T_h^2 + 523.8 \times T_h + 3992.$$

7

・ $4400 \leq V_h < 4600$ の場合；

$$V_2 \geq -274.0 \times T_h^2 + 908.9 \times T_h + 3924.$$

2

・ $4600 \leq V_h < 4800$ の場合；

$$V_2 \geq -372.3 \times T_h^2 + 1162.9 \times T_h + 3910$$

. 9

・ $4800 \leq V_h < 5000$ の場合；

$$V_2 \geq -573.4 \times T_h^2 + 1573.9 \times T_h + 3852$$

. 8

・ $5000 \leq V_h < 5200$ の場合；

$$V_2 \geq -443.7 \times T_h^2 + 1411.0 \times T_h + 4000$$

. 5

・ $5200 \leq V_h < 5400$ の場合；

$$V_2 \geq -557.0 \times T_h^2 + 1679.2 \times T_h + 3964$$

. 2

・ $5400 \leq V_h < 5600$ の場合；

$$V_2 \geq -581.0 \times T_h^2 + 1840.1 \times T_h + 3951$$

. 6

・ $5600 \leq V_h < 5800$ の場合；

$$V_2 \geq -570.7 \times T_h^2 + 2054.7 \times T_h + 3908$$

. 8

・ $5800 \leq V_h < 6000$ の場合；

$$V_2 \geq -731.1 \times T_h^2 + 2408.0 \times T_h + 3857$$

. 0

[請求項5]

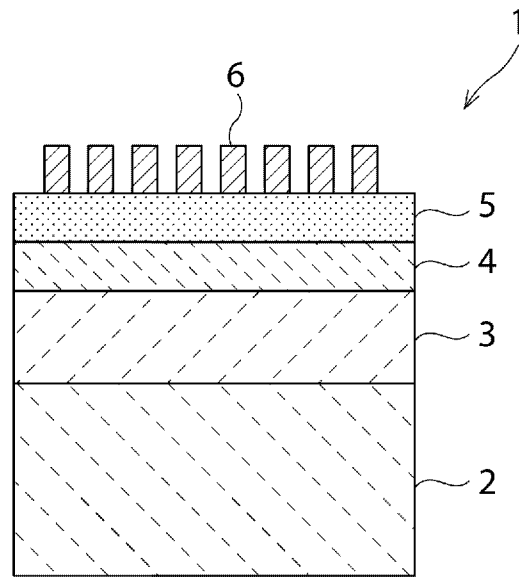
前記支持基板を伝搬するバルク波音速が、前記高音速膜を伝搬するバルク波音速よりも遅い、請求項1～4のいずれか1項に記載の弾性波装置。

- [請求項6] 前記支持基板と前記高音速膜との間に積層されており、かつ前記圧電膜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、第2の低音速膜をさらに備える、請求項1～5のいずれか1項に記載の弾性波装置。
- [請求項7] 前記圧電膜が、タンタル酸リチウム単結晶またはニオブ酸リチウム単結晶からなる、請求項1～6のいずれか1項に記載の弾性波装置。

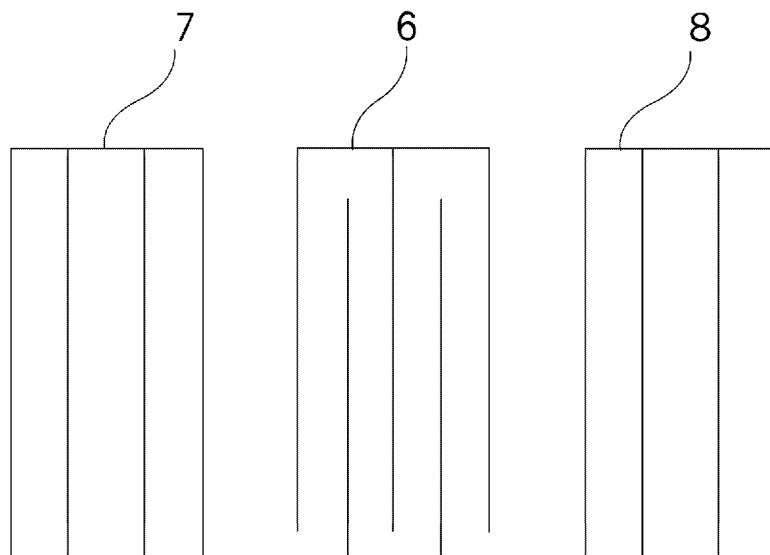
[図1]

図1

(a)

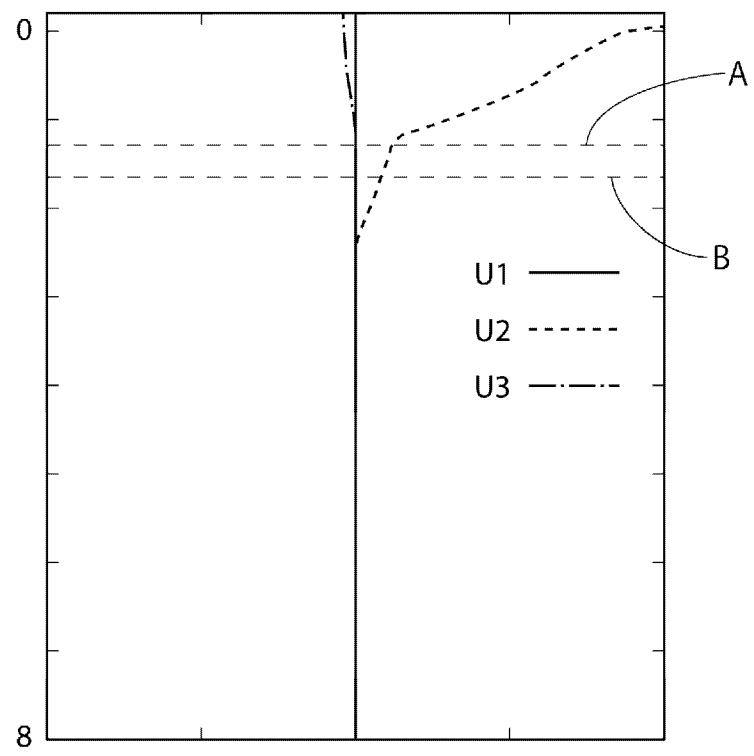


(b)



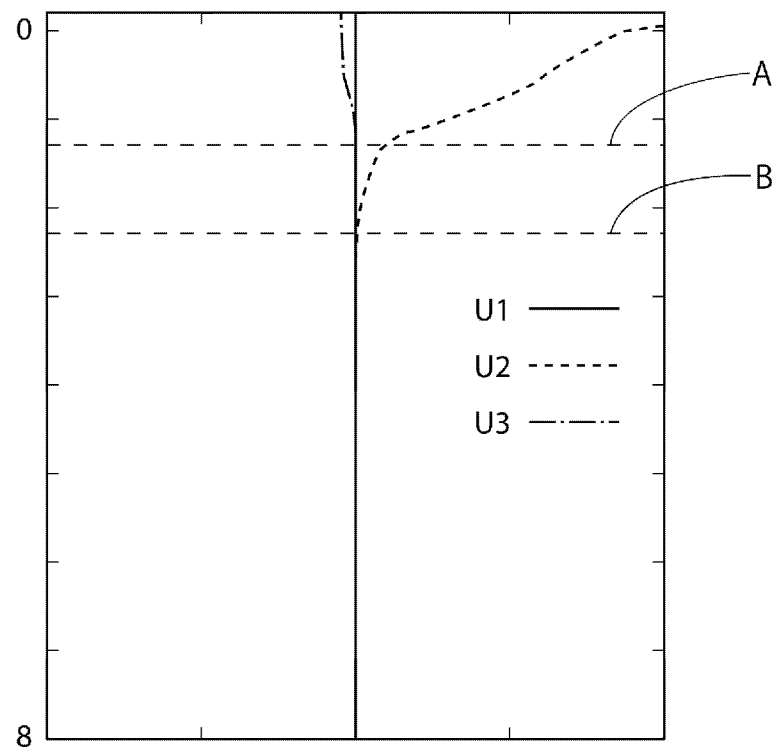
[図2]

図2



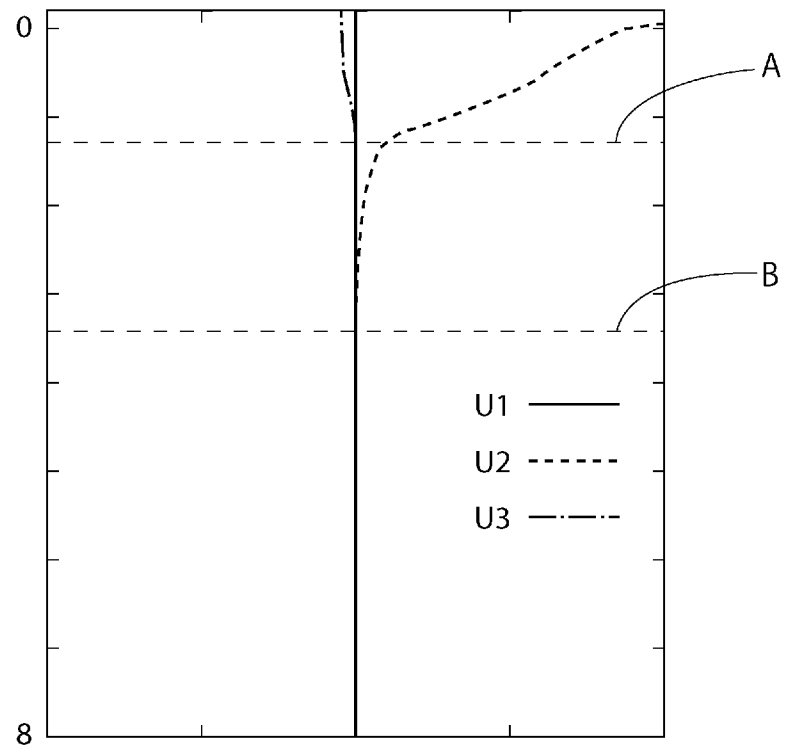
[図3]

図3



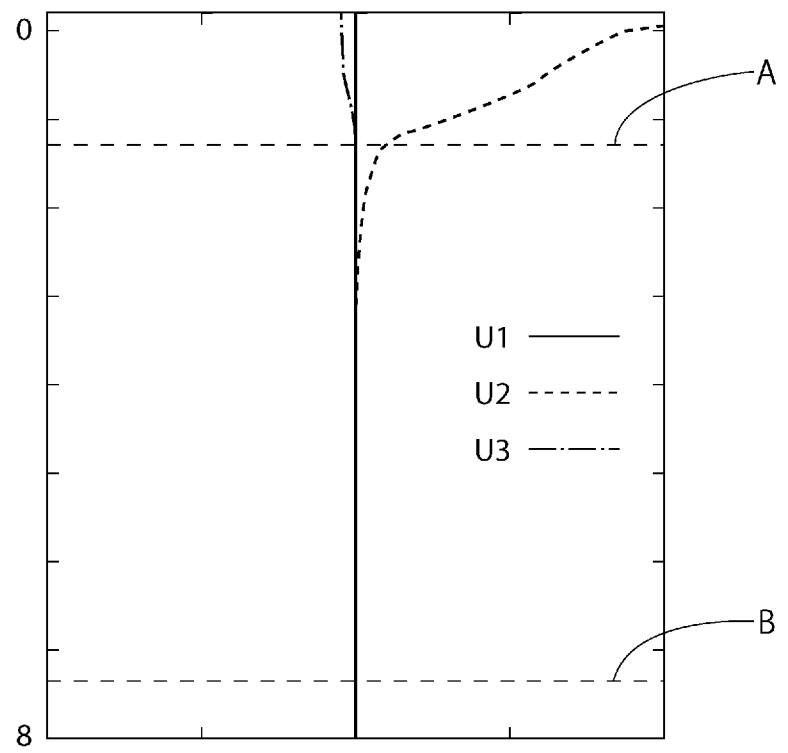
[図4]

図4



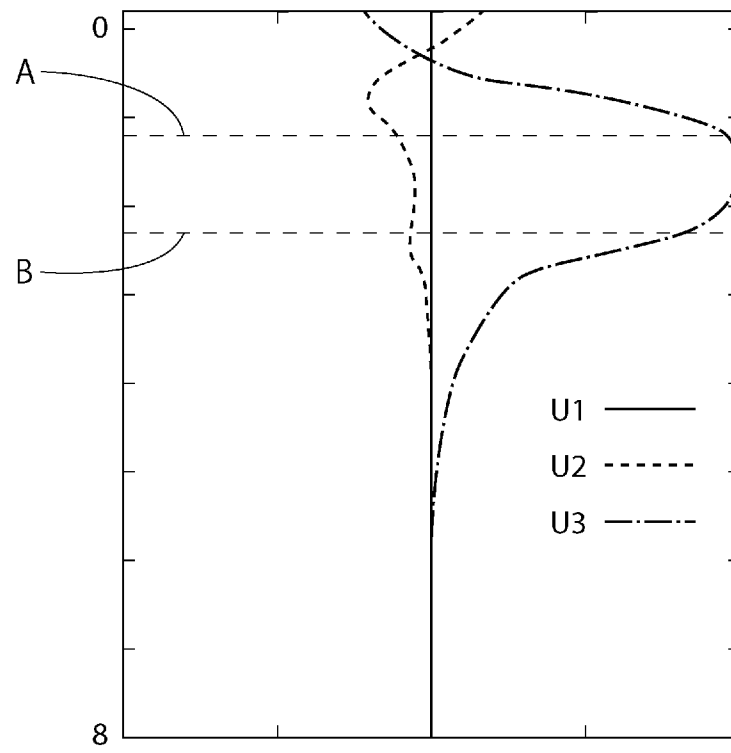
[図5]

図5



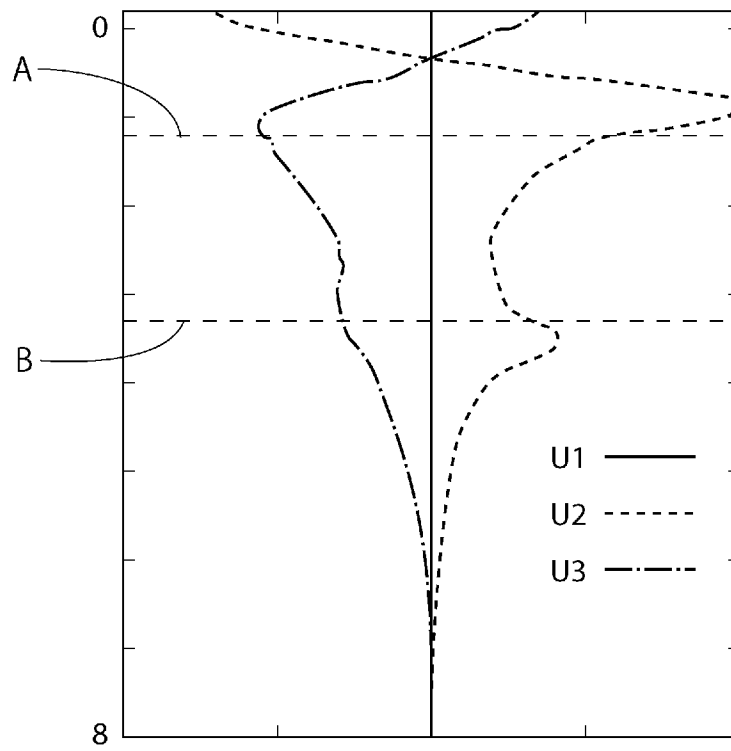
[図6]

図6



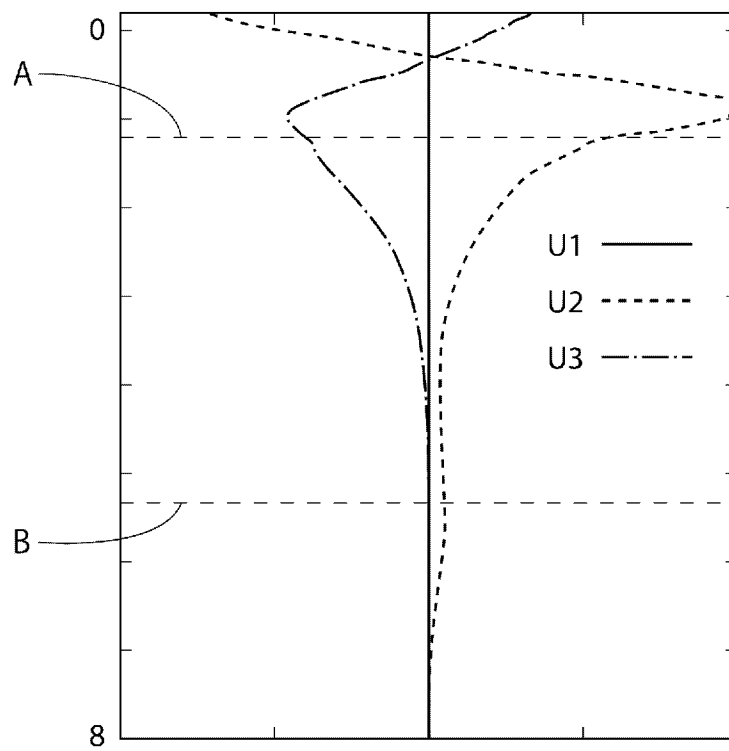
[図7]

図7



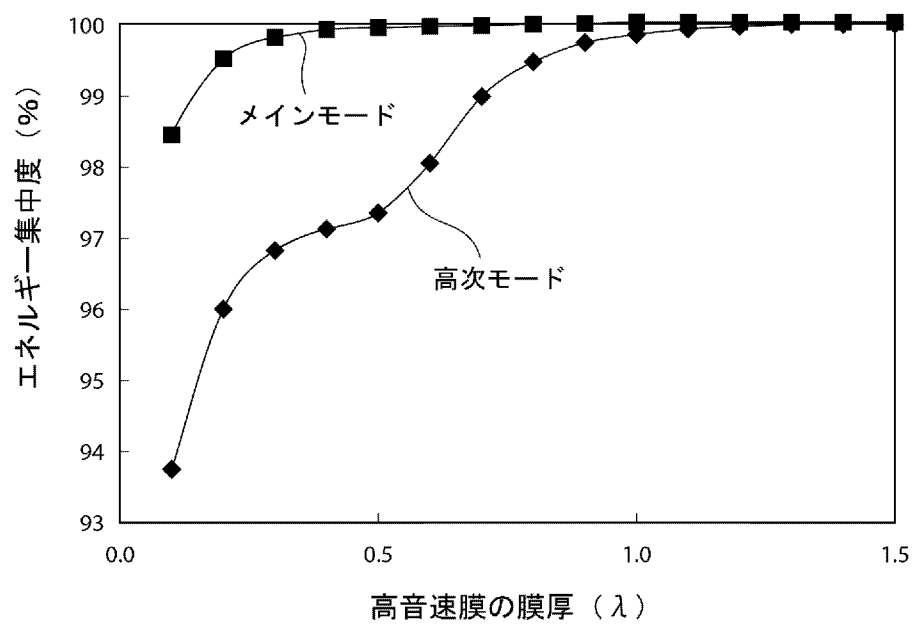
[図8]

図8



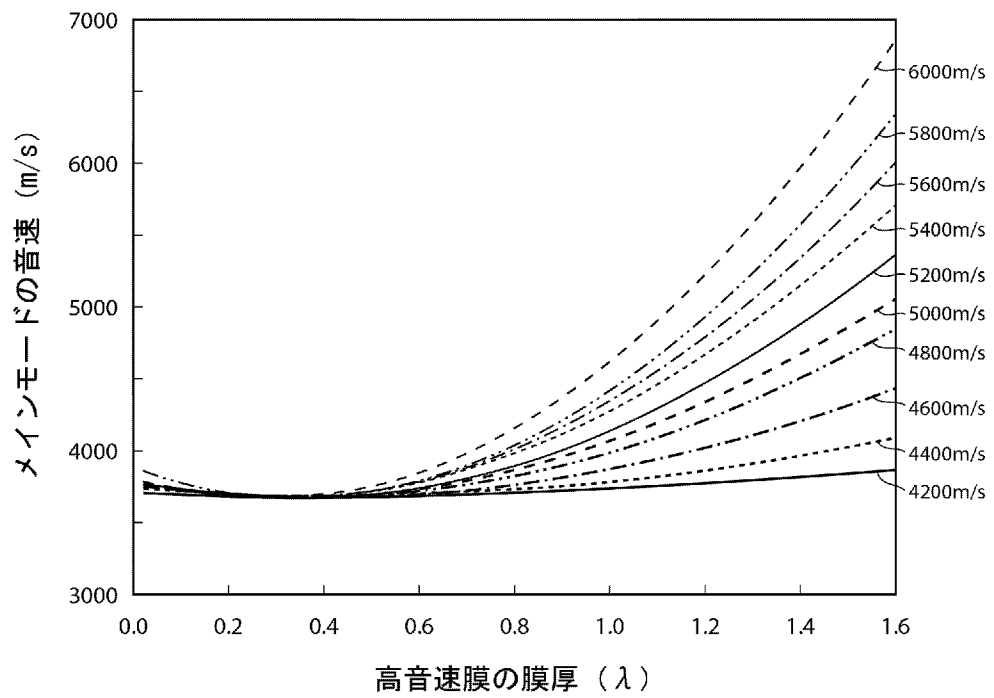
[図9]

図9



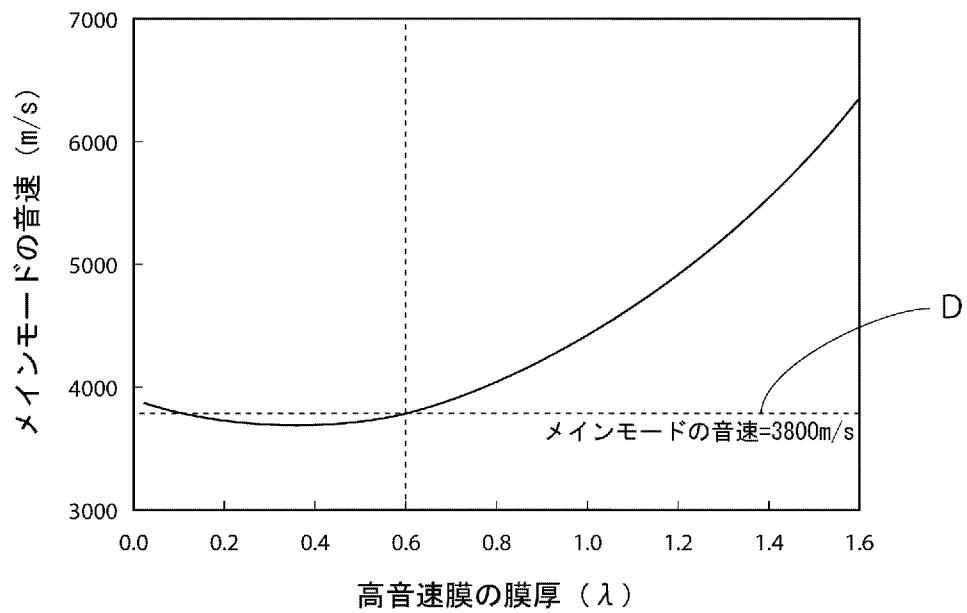
[図10]

図10



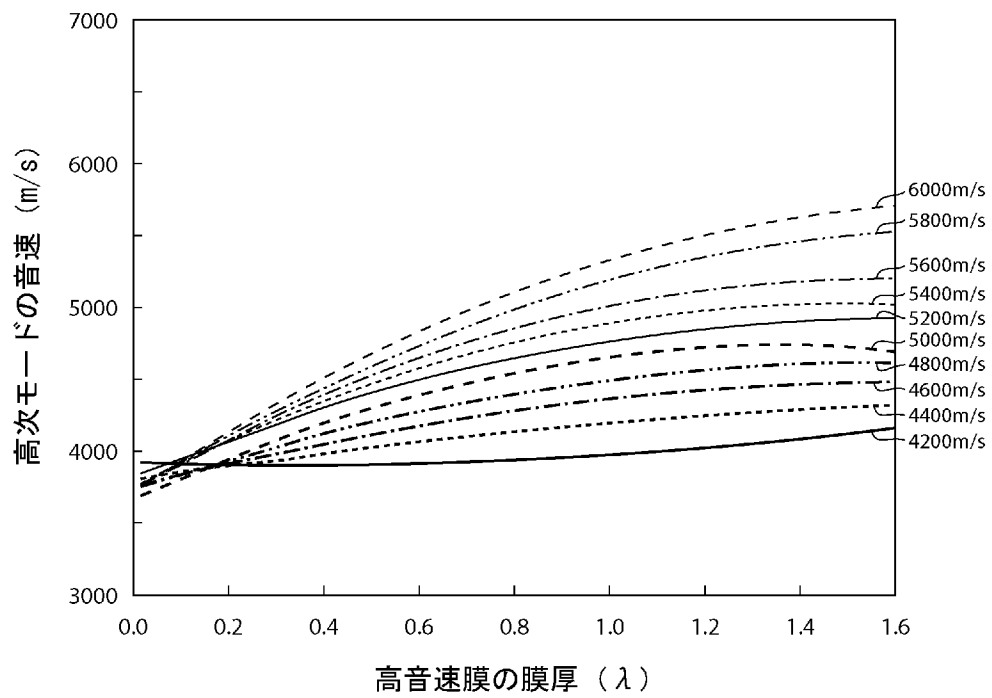
[図11]

図11



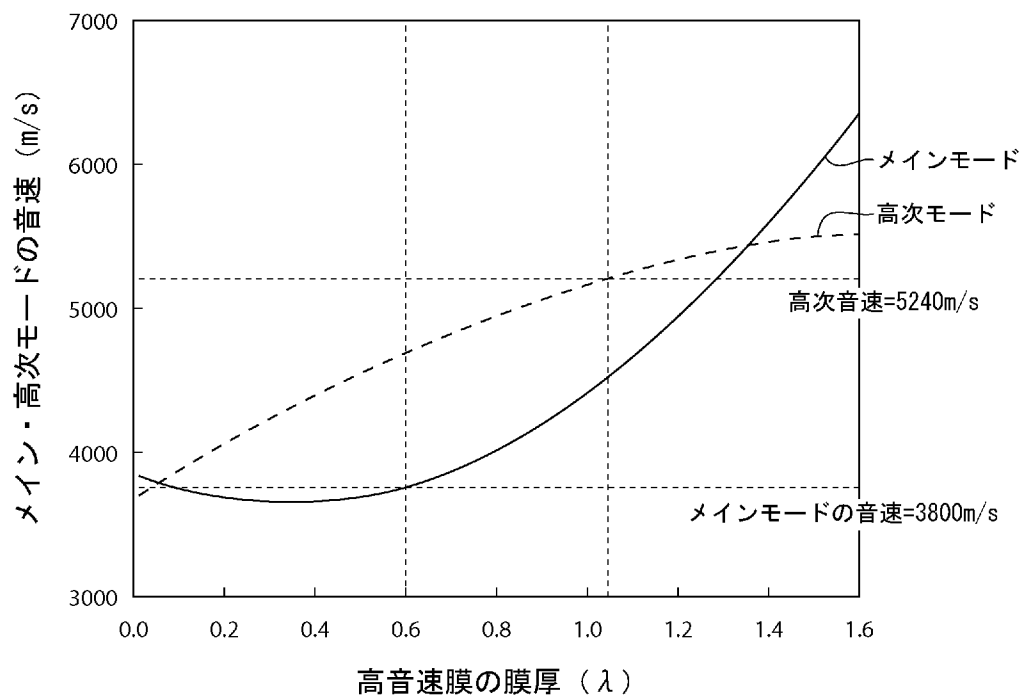
[図12]

図12



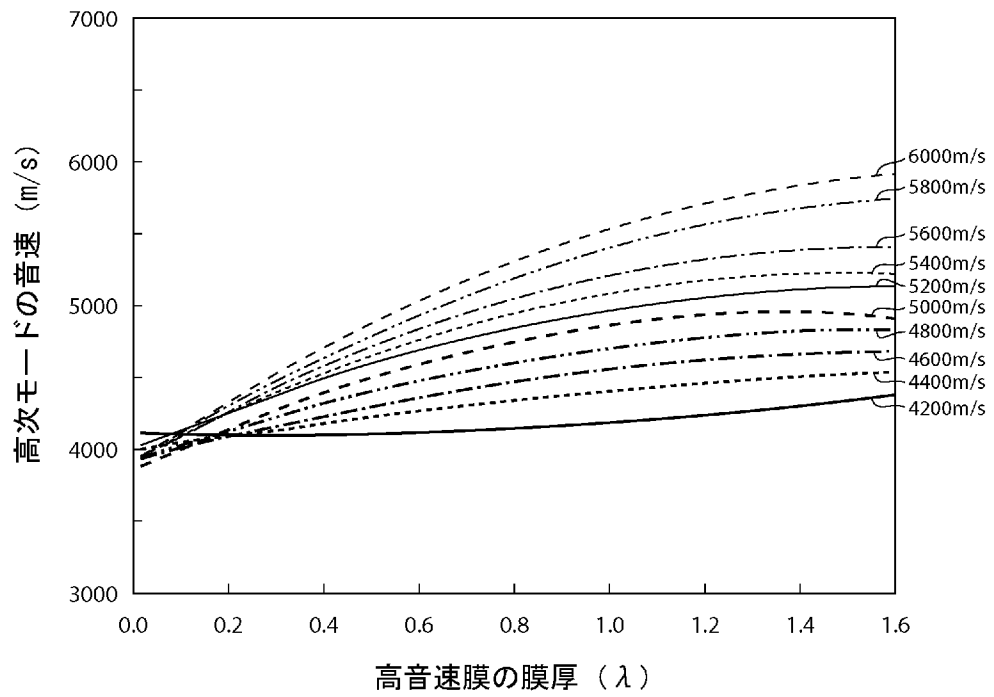
[図13]

図13



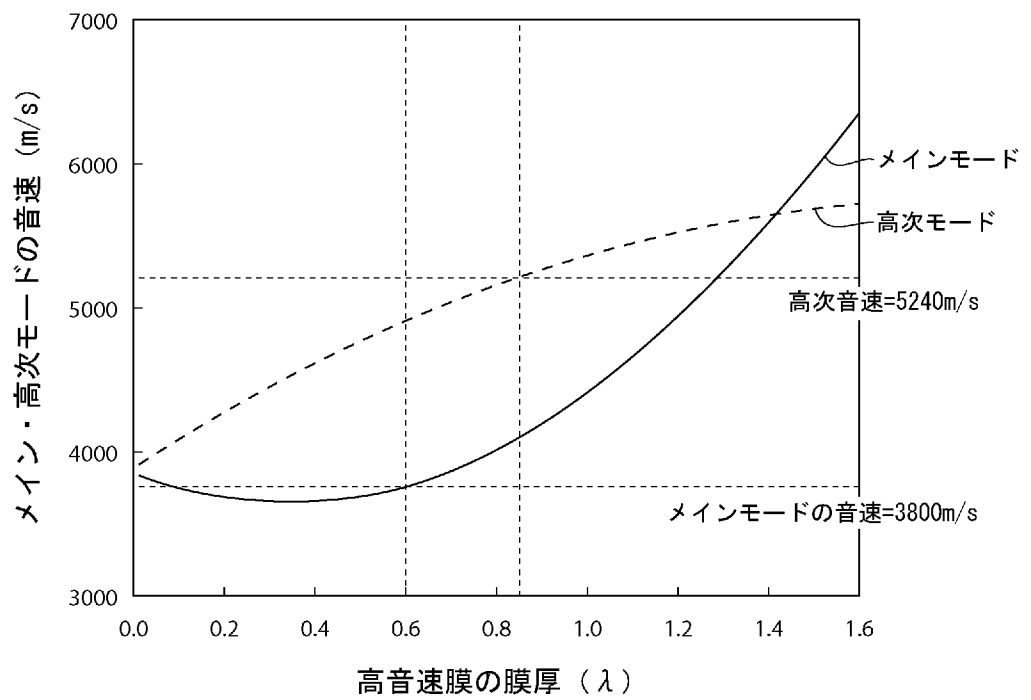
[図14]

図14



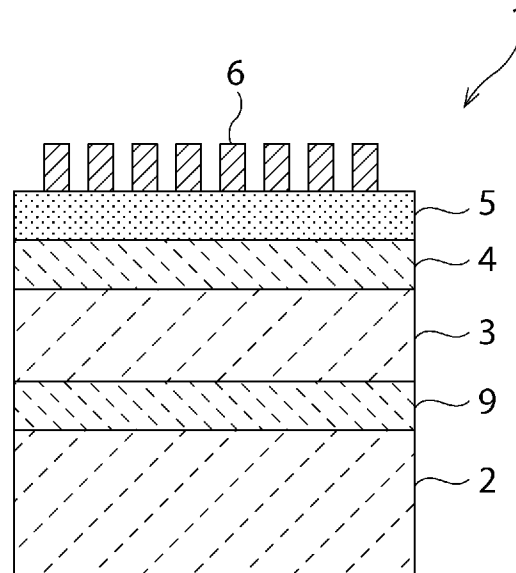
[図15]

図15



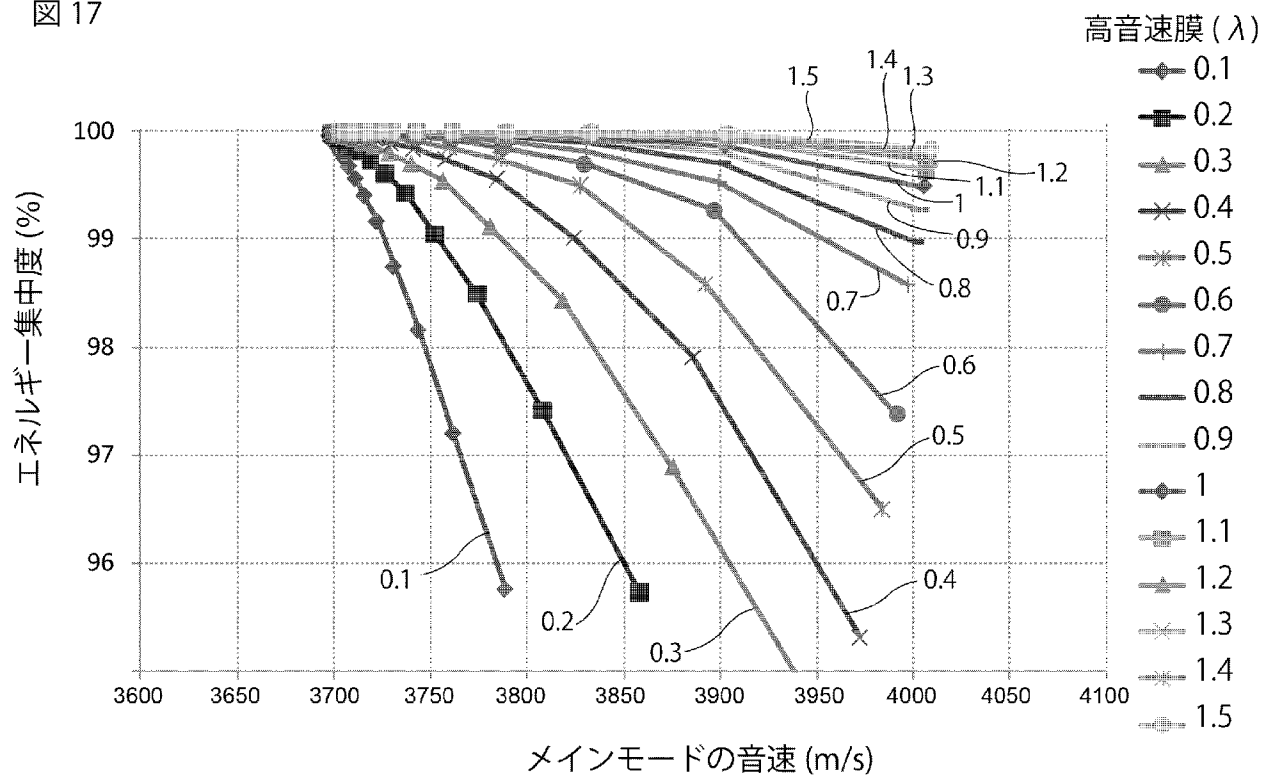
[図16]

図16



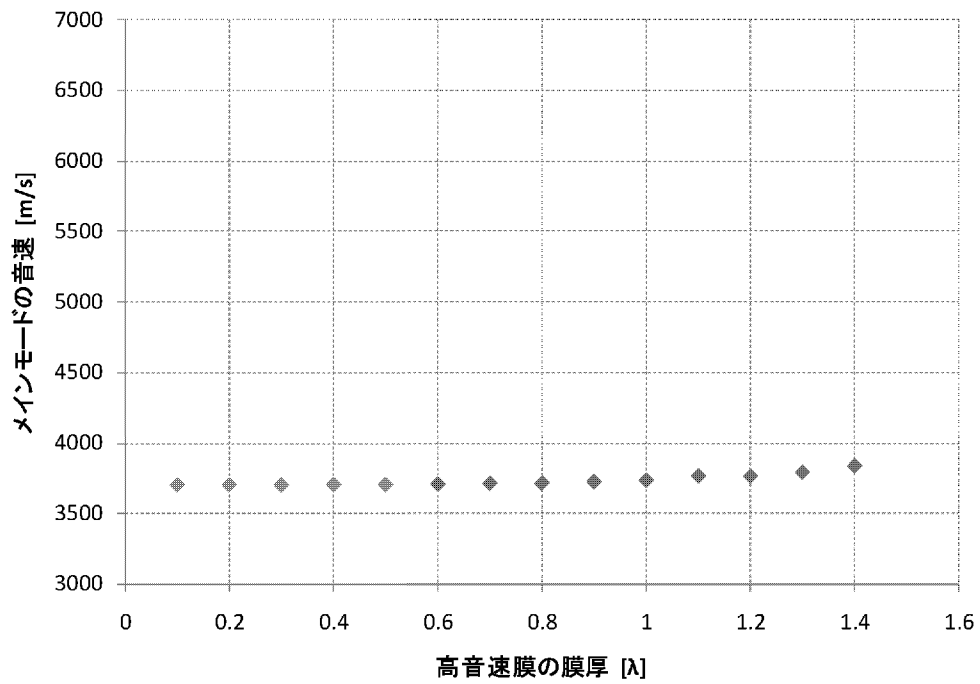
[図17]

図 17



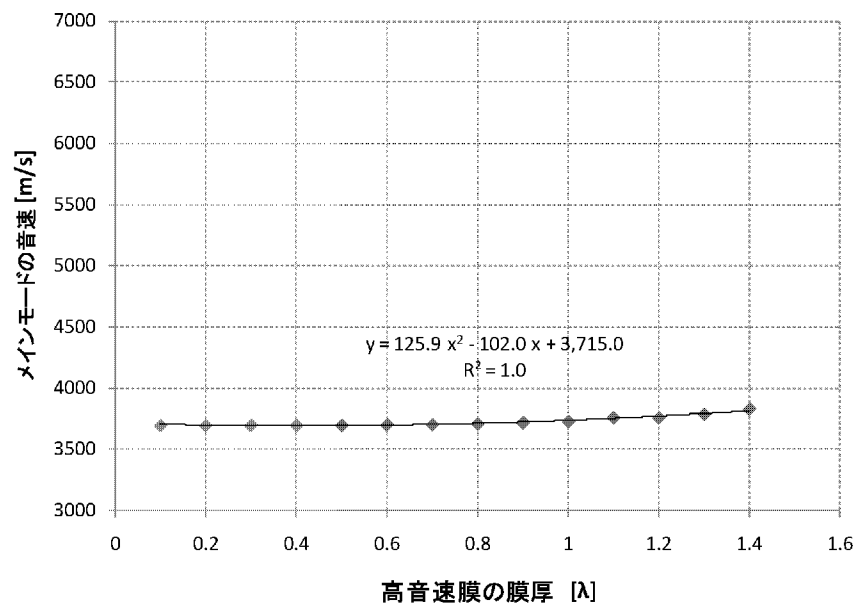
[図18]

図 18



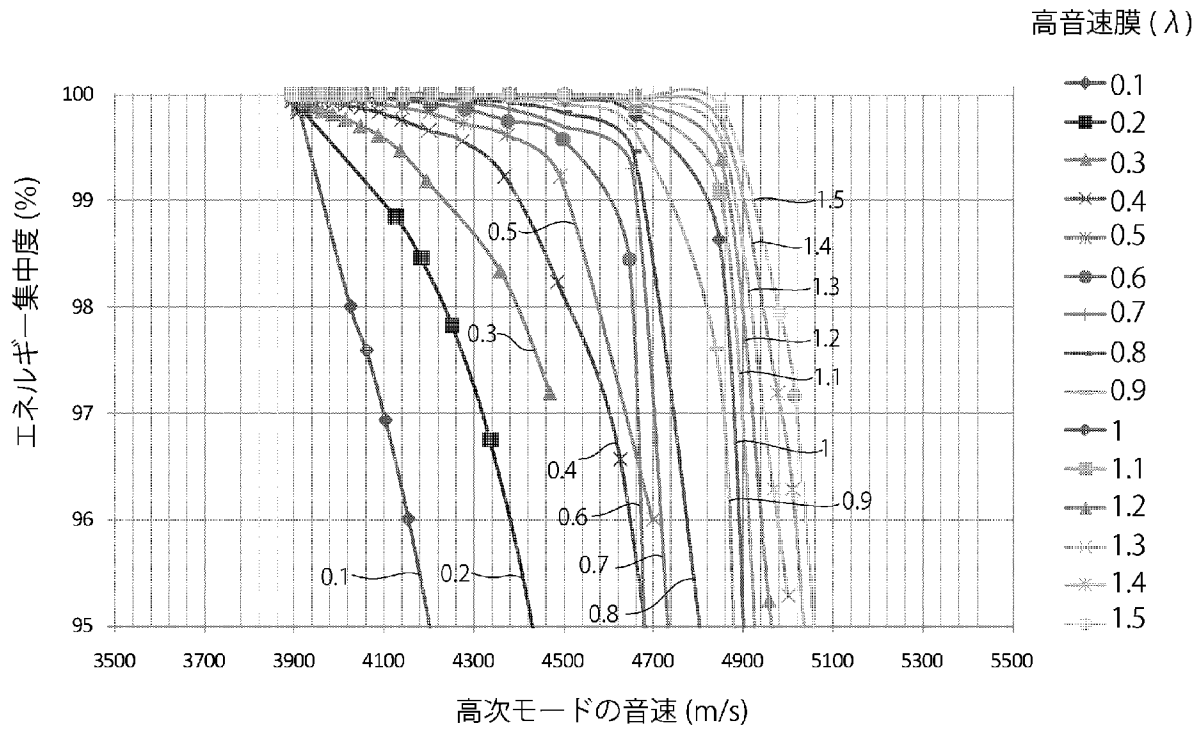
[図19]

図 19



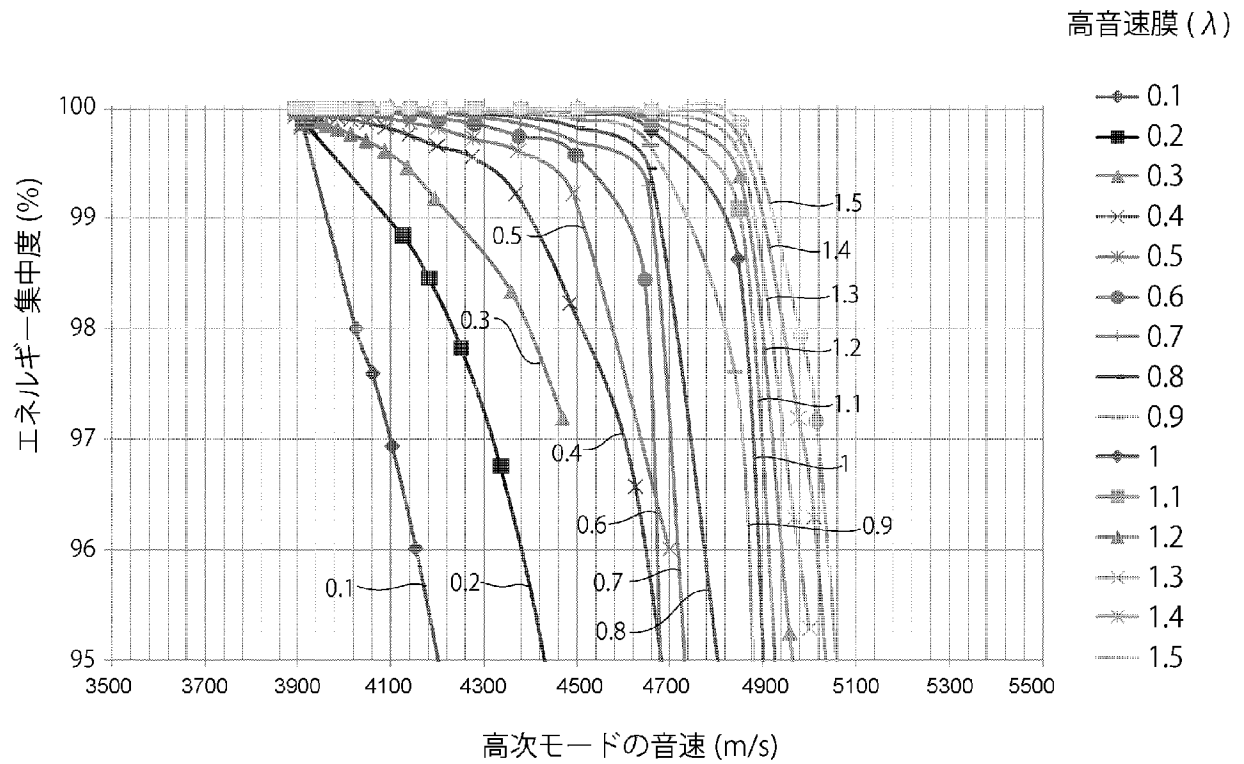
[図20]

図 20



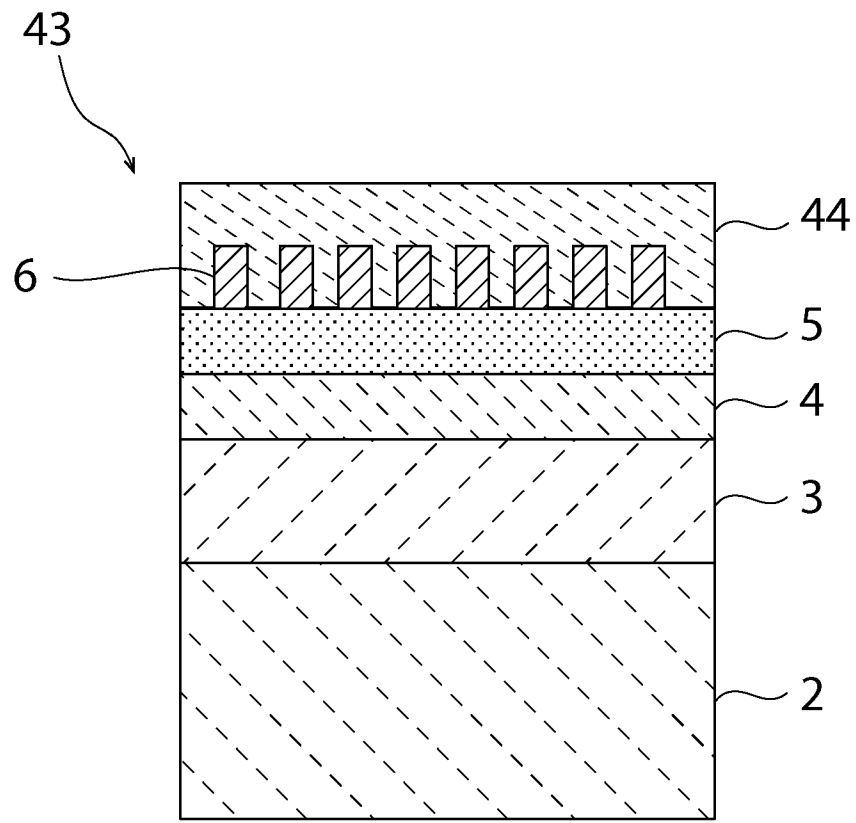
[図21]

図 21



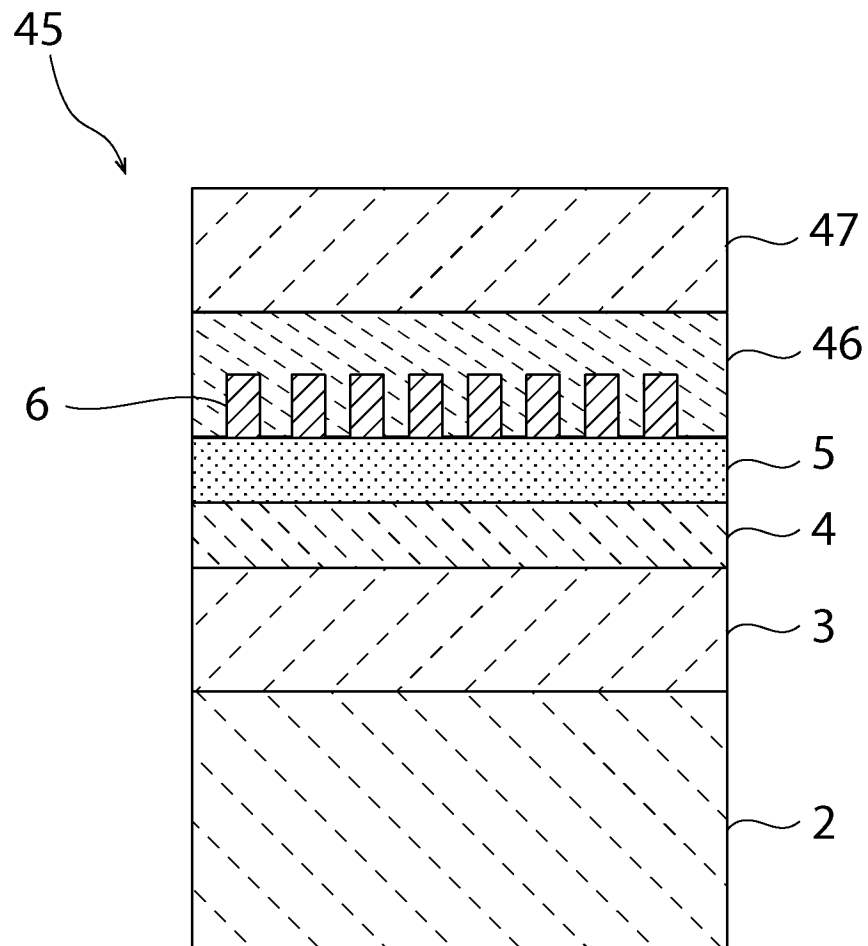
[図22]

図22



[図23]

図23



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/066554

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/145(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

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
A	JP 2007-228225 A (Seiko Epson Corp.), 06 September 2007 (06.09.2007), paragraphs [0018] to [0028]; fig. 1 (Family: none)	1-7
A	JP 2005-354650 A (Seiko Epson Corp.), 22 December 2005 (22.12.2005), fig. 1 to 4 (Family: none)	1-7
A	JP 2001-196896 A (Seiko Epson Corp.), 19 July 2001 (19.07.2001), fig. 1 (Family: none)	1-7

☒ 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
24 July, 2013 (24.07.13)

Date of mailing of the international search report
06 August, 2013 (06.08.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/066554

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-274883 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 08 October 1999 (08.10.1999), fig. 1 (Family: none)	1-7
A	WO 01/028090 A1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 19 April 2001 (19.04.2001), fig. 1 to 2 & US 6642813 B1 & EP 1225694 A1	1-7

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

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

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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
A	JP 2007-228225 A（セイコーエプソン株式会社）2007. 09. 06, [0018]-[0028], 図 1 (ファミリーなし)	1 - 7
A	JP 2005-354650 A（セイコーエプソン株式会社）2005. 12. 22, 図 1-4 (ファミリーなし)	1 - 7

☒ 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 4 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 6 . 0 8 . 2 0 1 3

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
A	JP 2001-196896 A (セイコーエプソン株式会社) 2001.07.19, 図 1 (ファミリーなし)	1 - 7
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 - 7
A	WO 01/028090 A1 (住友電気工業株式会社) 2001.04.19, 図 1-2 & US 6642813 B1 & EP 1225694 A1	1 - 7