

PCT

- 添付公開書類:

- 国際調査報告（条約第 21 条(3)）
- 補正された請求の範囲（条約第 19 条(1)）

(57) 要約: 板波素子は、圧電体と、圧電体の上面に配置された櫛歯電極と、圧電体の上面に櫛歯電極を覆うように配置された媒質層とを備える。櫛歯電極はラム波を主要波として励振させる。媒質層は、圧電体とは逆の周波数温度特性を有する。この板波素子は優れた周波数温度特性を有する。

明 細 書

発明の名称：板波素子と、これを用いた電子機器

技術分野

[0001] 本発明は、板波が伝播する板波素子と、これを用いた電子機器に関する。

背景技術

[0002] 図 17 は特許公報 1 に開示されている従来の板波素子 101 の断面模式図である。板波素子 101 は、ベース基板 102 と、ベース基板 102 上に形成された圧電体 103 とを有する。圧電体 103 はベース基板 102 の上面 102A 上に形成されており、圧電体 103 の一部がベース基板 102 の上面 102A から浮かされている。この浮かされている部分において、圧電体 103 の下面 103A がベース基板 102 の上面 102A と空間 111 を隔てて対向している。下面 103A の裏面である圧電体 103 の上面 103B に櫛歯電極 104 が形成されている。櫛歯電極 104 により板波が励振され、板波素子 101 により共振子やフィルタを構成することが出来る。

[0003] 従来の板波素子 101 は、バルク放射によるロスを考慮しなくとも良く、高音速な波を励振させることができる可能性を有する。しかし、従来の板波素子 101 は、周波数温度特性が良好でない。また、板波素子 101 では、櫛歯電極 104 で板波を励振させようとした場合、圧電体 103 の厚みを非常に薄くする必要があり、圧電体 103 に応力が加わった時に割れが発生するなど、その強度に問題を有している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第 2007/046236 号パンフレット

発明の概要

[0005] 板波素子は、圧電体と、圧電体の上面に配置された櫛歯電極と、圧電体の上面に櫛歯電極を覆うように配置された媒質層とを備える。櫛歯電極はラム波を主要波として励振させる。媒質層は、圧電体とは逆の周波数温度特性を

有する。この板波素子は優れた周波数温度特性を有する。

図面の簡単な説明

- [0006] [図1] 図 1 は本発明の実施の形態 1 における板波素子の断面模式図である。
- [図2] 図 2 は比較例の板波素子における周波数温度特性を示す。
- [図3] 図 3 は実施の形態 1 における板波素子の周波数温度特性を示す。
- [図4] 図 4 は実施の形態 1 における板波素子の周波数温度特性を示す。
- [図5] 図 5 は実施の形態 1 における板波素子の結合係数を示す。
- [図6] 図 6 は実施の形態 1 における板波素子を備えた機器のブロック図である。
- 。
- [図7] 図 7 は本発明の実施の形態 2 における板波素子の断面模式図である。
- [図8] 図 8 は実施の形態 2 における板波素子における主要波の変位分布を示す。
- 。
- [図9] 図 9 は実施の形態 2 における他の板波素子の断面模式図である。
- [図10] 図 10 は図 9 に示す板波素子における高次モードの変位分布を示す。
- [図11] 図 11 は実施の形態 2 におけるさらに他の板波素子の断面模式図である。
- [図12] 図 12 は図 11 に示す板波素子における主要波の電気機械結合係数を示す。
- [図13] 図 13 は図 11 に示す板波素子における主要波の変位分布を示す。
- [図14] 図 14 は実施の形態 2 におけるさらに他の板波素子の断面模式図である。
- [図15] 図 15 は実施の形態 2 におけるさらに他の板波素子の断面模式図である。
- [図16] 図 16 は実施の形態 1 における板波素子を備えた機器のブロック図である。
- [図17] 図 17 は従来の板波素子の断面模式図である。

発明を実施するための形態

- [0007] (実施の形態 1)

図1は実施の形態1における板波素子105の断面模式図である。板波素子105は、圧電体106と、圧電体106の上面106Aに設けられた櫛歯電極107と、圧電体106の上面106Aと櫛歯電極107の上面107Aに櫛歯電極107を覆うように設けられた媒質層108と、圧電体106の下面106Bに設けられた媒質層109とを備える。櫛歯電極107は圧電体106の上面106Aの励振領域106Cに設けられている。媒質層109は励振領域106Cの真下方に位置する。櫛歯電極107は圧電体106の励振領域106Cを励振して板波を圧電体106に発生させて伝播させる。板波素子105では伝播する板波の主要な成分はラム波である。圧電体106や櫛歯電極107、媒質層108、109は圧電体106の上面106Aと下面106Bに直角の法線方向N101に積層されている。圧電体106は法線方向N101の厚みH1を有し、媒質層108、109は法線方向N101の厚みH2を有する。媒質層109は圧電体106を介して櫛歯電極107に対向している。

[0008] 圧電体106は、ZカットX伝搬であるニオブ酸リチウム単結晶基板により構成されているが、タンタル酸リチウム単結晶基板やニオブ酸カリウム単結晶基板により構成されていてもよい。また、単結晶基板に限らず、圧電体106は圧電薄膜で構成されていてもよい。

[0009] 実施の形態1において、櫛歯電極107はアルミニウムにより構成されているが、アルミニウムを主成分とする合金もしくは、銅、銀、金からなる単体金属、又はこれらを主成分とする合金で構成されていてもよい。

[0010] 実施の形態1において、媒質層108、109は酸化ケイ素(SiO_2)により構成されているが、圧電体106とは逆の周波数温度係数(TCF)を有する媒質で構成されていればよい。圧電体106の周波数温度係数とは逆の周波数温度係数を有する酸化ケイ素よりなる媒質層108、109により、板波素子105の周波数温度係数を小さくして周波数温度特性を向上することができる。さらに、ラム波であるA1モードの変位の伝搬方向の成分は圧電体106の中央で振幅の節を持ち、圧電体106の表面で振幅の腹を有

する。したがって、媒質層 108、109 が圧電体 106 を上面 106A と下面 106B から挟み込むことで、エネルギーの多くを圧電体 106 及び媒質層 108 内に集中させることが可能であり、効果的に周波数温度特性を向上させることができる。

[0011] また、櫛歯電極 107 の上面 107A に櫛歯電極 107 を覆うように設けた媒質層 108 は、圧電体 106 及び櫛歯電極 107 を保護する効果をも有する。したがって、板波素子 105 を気密封止することなく、媒質層 108 又は 109 の外面に電極を引き出すことにより、板波素子 105 を回路基板等を実装することが可能となる。

[0012] また、実施の形態 1 における板波素子 105 は、媒質層 109 の下面に設けられた支持基板をさらに備えてもよい。この支持基板により、板波素子の強度を向上させることが可能となる。支持基板としてシリコンなどを用いることで支持基板を媒質層 109 に容易に接合できる。

[0013] 図 1 に示す実施の形態 1 による板波素子 105 について、圧電体 106 にニオブ酸リチウムを用いた場合の櫛歯電極 107 により励振される波長 λ の弾性波である板波に対する圧電体 106 の厚み H_1 の比 H_1/λ と、周波数温度係数 TCF との関係を検証した。この際、Campbell による方法を用い、その方法におけるニオブ酸リチウムの材料定数として Smith による定数を用いた。

[0014] 板波とは、バルク波の一種であり基板の上下面で変位を繰り返しながら伝搬する弾性波である。板波の一種として、速度分散性を強く持つラム波、横波成分が主体である SH 波などがある。ラム波とは、SV 波と縦波（粗密波）とが板の両面でモード変化を起こし、複雑に結合して発生する板波である。SH 波は横波主体のモードである。

[0015] 櫛歯電極 107 により圧電体 106 に励振される板波のモードとして、代表的なものに屈曲波と呼ばれる AO モード、横波主体の SHO モード、縦波主体の SO モード、縦波主体の高次モードであるラム波と呼ばれる A1 モード等がある。

- [0016] S H Oモードは結合係数 k_2 が大きいが音速が低く、高周波のデバイスに利用可能な板波素子を提供することは難しい。またS O、A Oモードは結合係数 k_2 が小さく、広帯域のデバイスに利用可能な板波素子を提供することが難しい。そこでA 1モードを用いることにより、デバイスの高周波化及び広帯域化に有利となる。A 1モードのラム波が伝播する板波素子であるラム波素子においては圧電体106の厚みと櫛歯電極107が有する櫛歯電極指の周期によって共振周波数が定まる。そのため、高音速なモードを用いることでより高い周波数に対応した板波素子を容易に提供することができる。また圧電体106の厚み H_1 を厚くすることが可能となり、板波素子を容易に製造でき歩留まりが向上する。特に圧電体の厚み H_1 が 0.4λ 以下の場合、S Oモードの共振によるスプリアスを抑制可能である。したがって、ラム波素子をフィルタ、共用器などとして利用した場合、スプリアスの影響による周波数特性の劣化が抑制される。
- [0017] 媒質層108、109を備えない比較例の板波素子の各モードでの周波数温度係数TCFと比 H_1/λ との関係を図2に示す。図2に示すように、A 1モードの周波数温度係数TCFは $0.1 < H_1/\lambda < 1.0$ において $-76 \text{ ppm}/^\circ\text{C} \sim -92 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ と良好ではない。
- [0018] 図1に示す実施の形態1における板波素子105において、比 H_1/λ を 0.15 としたときの、媒質層108、109の厚み H_2 の波長 λ に対する比 H_2/λ と周波数温度係数TCFの関係を図3に示す。図3に示すように、厚み H_2 の増加すなわち比 H_2/λ の増加に伴いA OモードとA 1モードの周波数温度係数はS Oモード、S H Oモードに比べ小さくなっており、周波数温度が大きく改善している。A Oモードは音速が低くデバイスの高周波化が困難であるので、A 1モードを用いることが望ましい。A 1モードにおいて、比 H_2/λ が 0.08 であるときに周波数温度係数がゼロになっている。周波数温度係数を小さくして周波数温度特性を向上させることにより、温度変化による特性劣化の少ない板波素子105を提供することが出来る。
- [0019] A 1、A Oモードにおいては圧電体106の上面106Aと下面106B

で集中的に変位が分布している。酸化ケイ素よりなる媒質層108、109は圧電体106の逆の周波数温度特性を有し、すなわち、圧電体106の周波数温度係数の逆の符号の周波数温度係数を有する。媒質層108、109の周波数温度係数の絶対値は圧電体106の周波数温度係数の絶対値と等しいことが好ましい。したがって、圧電体106の上面106Aと下面106Bにそれぞれ設けられた媒質層108、109により圧電体106の周波数温度特性が補償される効果が大きく表れる。このように反対称モードであるA1モードを用い、かつ圧電体106の上面106Aと下面106Bに媒質層108、109をそれぞれ設けることで、SH成分を主成分とした擬似弾性表面波やレイリー波等の表面波を用いた素子に比べて、周波数温度特性をより大きく改善する効果を得ることが可能となる。

[0020] 次に、圧電体106の厚み H_1 を変化させた場合のA1モードにおける、媒質層108、109の厚み H_2 の波長 λ に対する比 H_2/λ と周波数温度係数(TCF)との関係を図4に示す。図4に示すように、圧電体106の厚み H_1 が薄くなるにつれ、媒質層108、109による周波数温度特性の改善効果は高くなっている。すなわち、圧電体106の厚み H_1 の比 H_1/λ が0.10である場合には H_2/λ が0.06であると周波数温度係数がゼロとなる。同様に、比 H_1/λ が0.15である場合には比 H_2/λ が0.08であると周波数温度係数がゼロとなる。比 H_1/λ が0.20である場合には比 H_2/λ が0.10であると周波数温度係数がゼロとなる。比 H_1/λ が0.25である場合には比 H_2/λ が0.13であると周波数温度係数がゼロとなる。比 H_1/λ が0.30である場合には比 H_2/λ が0.16であると周波数温度係数がゼロとなる。

[0021] 周波数温度係数の絶対値を $20 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以下とすることで、板波素子105を狭い送受信周波数間隔を有する共用器の特性を向上することができる。

[0022] すなわち、図4に示す検証結果から、比 H_1/λ が0.10の場合には比 H_2/λ を0.048~0.080とする。また、比 H_1/λ が0.15の

場合には比 $H2/\lambda$ を $0.067 \sim 0.108$ とする。また、比 $H1/\lambda$ が 0.20 の場合には比 $H2/\lambda$ を $0.084 \sim 0.136$ とする。また、比 $H1/\lambda$ が 0.25 の場合には比 $H2/\lambda$ を $0.103 \sim 0.175$ とする。

[0023] 板波素子105を実際に作製するために、比 $H1/\lambda$ の上記の値を ± 0.025 の範囲に広げて比 $H2/\lambda$ に上記の範囲を適用する。すなわち、比 $H1/\lambda$ が $0.075 \sim 0.125$ の場合には比 $H2/\lambda$ を $0.048 \sim 0.080$ に設定する。また、比 $H1/\lambda$ が $0.125 \sim 0.175$ の場合には比 $H2/\lambda$ を $0.067 \sim 0.108$ に設定する。また、比 $H1/\lambda$ が $0.175 \sim 0.225$ の場合には比 $H2/\lambda$ を $0.084 \sim 0.136$ に設定する。また、比 $H1/\lambda$ が $0.225 \sim 0.275$ の場合には比 $H2/\lambda$ を $0.103 \sim 0.175$ に設定する。

[0024] 比 $H1/\lambda$ や比 $H2/\lambda$ をこれらの範囲に設定することにより周波数温度係数の絶対値を $20 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以下とし、良好な周波数温度特性を有する板波素子105を実現できる。

[0025] また、圧電体106の厚み $H1$ を変化させた場合のA1モードにおける電気機械結合係数と媒質層108、109の厚み $H2$ の関係を図5に示す。媒質層108、109の厚み $H2$ が厚くなるに伴い電気機械結合係数 $k2$ は一旦増加して、その後減少し極大値を取る。電気機械係数 $k2$ を小さくしないように、図5に示すように、比 $H1/\lambda$ が 0.10 の場合には比 $H2/\lambda$ を0より大きくかつ 0.032 より小さく設定する。また、比 $H1/\lambda$ が 0.15 の場合には比 $H2/\lambda$ を0より大きくかつ 0.046 より小さく設定する。また、比 $H1/\lambda$ が 0.20 の場合には比 $H2/\lambda$ を0より大きくかつ 0.061 より小さく設定する。また、比 $H1/\lambda$ が 0.25 の場合には比 $H2/\lambda$ を0よりかつ大きく 0.084 より小さく設定する。また、比 $H1/\lambda$ が 0.30 の場合には比 $H2/\lambda$ を0より大きくかつ 0.110 より小さく設定する。

[0026] 図4と同様に、図5の検証の結果により板波素子105を実際に作製する

ために、比 $H1/\lambda$ の上記の値を ± 0.025 の範囲に広げて比 $H2/\lambda$ を上記の範囲を適用する。

[0027] すなわち、比 $H1/\lambda$ が $0.075 \sim 0.125$ の場合には比 $H2/\lambda$ を 0 より大きくかつ 0.032 より小さく設定する。また、比 $H1/\lambda$ が $0.125 \sim 0.175$ の場合には比 $H2/\lambda$ を 0 より大きくかつ 0.046 より小さく設定する。また、比 $H1/\lambda$ が $0.175 \sim 0.225$ の場合には比 $H2/\lambda$ を 0 より大きくかつ 0.061 より小さく設定する。また、比 $H1/\lambda$ が $0.225 \sim 0.275$ の場合には比 $H2/\lambda$ を 0 より大きくかつ 0.084 より小さく設定する。また、比 $H1/\lambda$ が $0.275 \sim 0.325$ の場合には比 $H2/\lambda$ を 0 より大きくかつ 0.110 より小さく設定する。

[0028] 比 $H1/\lambda$ や比 $H2/\lambda$ をこれらの範囲に設定することで、媒質層 108 、 109 により電気機械結合係数 k_2 を小さくすることなく板波素子 105 の周波数温度特性を改善することが可能となる。

[0029] 実施の形態 1 においては圧電体 106 の上面 $106A$ と下面 $106B$ にそれぞれ媒質層 108 、 109 を備えるが、実施の形態 1 による板波素子は媒質層 108 、 109 の一方を備えていなくてもよく、その場合でも、周波数温度特性を改善する効果が得られる。

[0030] 圧電体 106 が上面 $106A$ の法線方向 $N101$ を結晶の c 軸を一致させてカットされた圧電単結晶基板である場合、板波素子 105 の $A1$ モードの結合係数を効果的に上げることができる。

[0031] また、圧電体 106 の結晶構造が上面 $106A$ の法線方向 $N101$ を結晶の c 軸として c 軸を中心とした回転相晶である場合、板波素子 105 の $A1$ モードの結合係数を効果的に上げることができると共に、対称モードである SHO モードが励振されにくくスプリアス応答として表れることを防止することができる。

[0032] 図 6 は実施の形態 1 における板波素子 105 を備えた電子機器 $105C$ のブロック図である。ラダー型フィルタもしくは DMS フィルタ等のフィルタ

105Bは共振器として板波素子105を備える。携帯電話等の電子機器105Cは、フィルタ105Bと、フィルタ105Bに接続された半導体集積回路素子と、その半導体集積回路素子に接続された再生装置とを備えている。電子機器105Cは板波素子105に接続された信号線1105を備える。これにより、共振器（板波素子105）、フィルタ105B、及び電子機器105Cにおける信号損失を抑制することができる。板波素子105は、周波数温度特性が良好であるという特徴を有し、携帯電話等の電子機器105Cにおける、フィルタ、共用器等などに適用が可能である。

[0033] （実施の形態2）

図7は、実施の形態2における板波素子205の断面模式図である。板波素子205は、圧電体206と、圧電体206の上面206Aに設けられた櫛歯電極207と、圧電体206の上面206Aと櫛歯電極207の上面207Aに櫛歯電極207を覆うように設けられた媒質層208と、圧電体206の下面206Bに設けられた媒質層209とを備える。櫛歯電極207は圧電体206の上面206Aの励振領域206Cに設けられている。媒質層209は励振領域206Cの真下方に位置する。圧電体206や櫛歯電極207、媒質層208、209は圧電体206の上面206Aと下面206Bに直角の法線方向N201に積層されている。圧電体206は法線方向N201の厚みH21を有し、媒質層208、209は法線方向N201の厚みH22を有する。なお、媒質層208、209の法線方向N201の厚みは同一の厚みH22であるとして説明するが、異なる厚みであってもよい。媒質層209は圧電体206を介して櫛歯電極207に対向している。櫛歯電極207は法線方向N201の厚みT11を有する。媒質層208は、櫛歯電極207によって励振される板波の速度よりも速い速度で横波が伝搬する。媒質層209は、圧電体206を伝搬する板波の速度よりも速い速度で横波が伝搬する。

[0034] 板波とは、バルク波の一種であり、圧電体206の上面206Aと下面206Bで反射を繰り返しながら伝搬する弾性波である。板波の一種として、

速度分散性を強く持つラム波、横波成分が主体であるSH波などがある。ラム波とは、SV波と縦波（粗密波）とが圧電体206の両面でモード変化を起こし、複雑に結合することによって発生する板波である。

[0035] 実施の形態2において圧電体206は、ZカットX伝搬であるニオブ酸リチウム単結晶基板により構成されているが、タンタル酸リチウム単結晶基板やニオブ酸カリウム単結晶基板により構成されていてもよい。また、単結晶基板に限らず、圧電体206は圧電薄膜で構成されていてもよい。

[0036] 実施の形態2において櫛歯電極207は、アルミニウムにより構成されているが、アルミニウムを主成分とする合金もしくは、銅、銀、金からなる単体金属、又はこれらを主成分とする合金で構成されていてもよい。

[0037] 媒質層208、209は、ダイヤモンド、シリコン、窒化シリコン、窒化アルミニウム、または酸化アルミニウムのうち少なくとも一種からなる。

[0038] 圧電体206を伝搬する板波の速度が、媒質層208、209を伝搬する横波の速度よりも小さくなるように、圧電体206の厚みH21及び櫛歯電極207の厚みT11が決定されている。

[0039] 板波素子205において、圧電体206を上面206Aと下面206Bから挟み込む媒質層208、209を、櫛歯電極207によって励振される板波の速度よりも大きい速度で横波が伝搬するので、圧電体206へ板波を閉じ込める効果が得られる。以下にその効果を詳述する。

[0040] 圧電体206をニオブ酸リチウムで構成し、さらに、媒質層208、209をダイヤモンドで構成した場合の櫛歯電極207により励振される板波の変位の分布を検証した。その結果を図8に示す。図8において、縦軸はピーク値で規格化した変位の振幅を表し、横軸は伝播する板波の波長 λ で規格化した法線方向N201での圧電体206の中心からの位置を表し、すなわち波長 λ で規格化された位置を表す。図8において横軸の正の方向は圧電体206から媒質層208に向かう方向を示し、負の方向は圧電体206から媒質層209に向かう方向を示す。櫛歯電極207は圧電体206を励振して、圧電体206に波長 λ を有する板波を発生させて伝播させる。圧電体20

6の厚みを 0.4λ 、媒質層208、209の厚みを 2λ とした。このように、媒質層208、209の厚み H_{22} は板波の波長 λ より大きい。ここで解析法としてはCampbellらによる方法を用いて振幅を算出し、ニオブ酸リチウムの材料定数としてSmithらによる定数を用いた。図8において、伝播する板波の変位は互いに直角の3つの成分 u_1 、 u_2 、 u_3 を有する。変位の成分 u_1 は圧電体206の上面206A、下面206Bに平行でかつ板波が伝播する方向の成分である。変位の成分 u_2 は圧電体206の上面206A、下面206Bに平行でかつ成分 u_1 と直角の方向の成分である。変位の成分 u_3 は圧電体206の上面206A、下面206Bと直角の法線方向 N_{201} の成分である。すなわち、成分 u_3 は成分 u_1 、 u_2 に直角である。板波の伝搬モードは、成分 u_1 を主成分とした非対称モードであるA1モードである。図8に示すように、板波のエネルギーは、圧電体206に集中している。媒質層208、209の厚み H_{22} を 1λ 以上とすることで、媒質層208の上面208Aと媒質層209の下面209Bで十分に板波が減衰している。

[0041] 図17に示す従来の板波素子101で板波を伝搬させるためにはベース基板102に対向する圧電体103の面103Aと圧電体103に対向するベース基板102の面102Aとの間には空間111を設ける必要があり、櫛歯電極104の設けられた圧電体103の面103Bを保護するためにパッケージがさらに必要となり、板波素子101は厚くなる。また、圧電体103は非常に薄く強度に乏しい。

[0042] 実施の形態2による板波素子205では、媒質層208の上面208Aと媒質層209の下面209Bにおいて板波が十分に減衰しているので、媒質層208、209をパッケージとして用いることが可能であり、空隙が不要で薄い板波素子205を提供することができる。

[0043] また、実施の形態2の板波素子205では、圧電素子として従来より用いられている表面弾性波素子および境界波素子に比べ高速度な板波を主要波として励振させることができる。

- [0044] 例えば、圧電体としてニオブ酸リチウムを用い、リーキー波等の表面波を主要波とする表面弾性波素子及び境界波素子では、櫛歯電極で励振させる波を 4024 m/s 以上に高速度化すると、通常、厚い圧電体への主要波の漏洩が起きる。しかし、実施の形態 2 の板波素子 205 では、主要波として板波を伝播させることで、圧電体 206 方向への波の漏洩をそもそも考慮しなくともよく、高音速な弾性波を励振可能となる。さらに、媒質層 208、209 を、主要波の音速よりも速く横波が伝搬する媒質で構成することで、媒質層 208、209 への主要波の漏洩を抑制することができる。すなわち、実施の形態 2 の板波素子 205 では、表面波を主要波とする境界波素子では得ることのできない 4024 m/s 以上の速度で伝搬する弾性波で信号を伝達し、漏洩による性能劣化を抑制した弾性波素子を実現することができる。
- [0045] 尚、媒質層 208、209 の厚みは略同一であることが望ましい。これにより、応力に対する板波素子 205 の反りを軽減することができる。
- [0046] また、媒質層 208、209 は同一媒質により構成することが望ましい。これにより、応力に対する板波素子 205 の反りを軽減することができる。
- [0047] さらにまた、圧電体 206 の結晶構造は、上面 206A の法線方向 N201 を c 軸と一致させて c 軸を中心とした回転相晶であることが望ましい。この場合、対称モードである SHO モード、SO モードの励振が防止され、スプリアス応答として表れることを抑制する。
- [0048] 図 9 は実施の形態 2 による他の板波素子 1205 の断面模式図である。図 9 において、図 7 に示す板波素子 205 と同じ部分には同じ参照番号を付し、その説明を省略する。図 203 に示す板波素子 1205 は、媒質層 208 の上面 208A に配置された吸音層 210 と、媒質層 209 の下面 209B に配置された吸音層 260 とをさらに備えることが望ましい。吸音層 210、260 はレジスト等などの樹脂よりなる。主要波として板波が伝播する時に発生する高い周波数の高次モードの不要波が媒質層 208、209 を介して吸音層 210、260 に誘い込み、抑圧することが可能となる。
- [0049] 検証により求めた高次モードの変位の分布を図 10 に示す。図 8 と同様に

、図 10 の縦軸はピーク値で規格化した変位の振幅を表し、横軸は波長 λ で規格化した法線方向 N201 での位置を示す。ここで、高次モードの伝搬モードとして板波の伝搬する方向の成分 u_1 を主成分とした対称モードである S2 モードを選択した。図 10 に示すように、高次モードの波が伝搬する速度は媒質層 208、209 を伝搬する横波の速度より大きいので、媒質層 208 の上面 208A と媒質層 209 の下面 209B においても高次モードの変位の成分 u_2 が減衰せずに存在している。したがって、高次モードの波の速度を、媒質層 208、209 を伝搬する横波の速度よりも大きくなるように媒質層の構成や電極の構成を決定することで、高次モードの波を吸音層 210、260 に誘い込み、抑圧することが可能となる。吸音層 210、260 内を伝搬する高次モードの横波の速度が、媒質層 208、209 を伝搬する横波の速度より小さくすることで、吸音層 210、260 に媒質層 208、209 をそれぞれ経由して入った波が媒質層 208、209 に戻らず、効果的にその波を吸音層 210、260 内で吸収させることができる。一方、媒質層 208、209 では主要波の速度よりも大きい速度で横波が伝搬するので、主要波は、媒質層 208、209 のうちの圧電体 206 の付近の部分に閉じ込められ、吸音層 210、260 に吸収されることを防止することができる。

[0050] 図 11 は実施の形態 2 によるさらに他の板波素子 2205 の断面模式図である。図 11 において、図 7 に示す板波素子 205 と同じ部分には同じ参照番号を付し、その説明を省略する。図 11 に示す板波素子 2205 は、媒質層 208 と圧電体 206 との間に設けられた媒質層 211 と、媒質層 209 と圧電体 206 との間に設けられた媒質層 261 とをさらに備える。すなわち、板波素子 2205 は、圧電体 206 と、圧電体 206 の上面 206A に設けられた櫛歯電極 207 と、圧電体 206 の上面 206A と櫛歯電極 207 の上面 207A に櫛歯電極 207 を覆うように設けられた媒質層 211 と、媒質層 211 の上面 211A に設けられた媒質層 208 と、圧電体 206 の下面 206B に設けられた媒質層 261 と、媒質層 261 の下面 261B

に設けられた媒質層 209 とを備える。櫛歯電極 207 は圧電体 206 の上面 206 A の励振領域 206 C に設けられている。媒質層 261、209 は励振領域 206 C の真下方に位置する。媒質層 208 は励振領域 206 C の真上方位位置する。圧電体 206 や櫛歯電極 207、媒質層 208、209、211、261 は圧電体 206 の上面 206 A と下面 206 B に直角の法線方向 N201 に積層されている。圧電体 206 は法線方向 N201 の厚み H21 を有し、媒質層 208、209 は法線方向 N201 の厚み H22 を有する。媒質層 211、261 は法線方向 N201 の厚み H23 を有する。媒質層 261 は圧電体 206 を介して櫛歯電極 207 に対向している。櫛歯電極 207 は法線方向 N201 の厚み T11 を有する。板波素子 2205 は、媒質層 211、261 の一方を備えていなくてもよい。すなわち、媒質層 208、209 のうちの一方は圧電体 206 に当接してもよい。媒質層 211、261 には、媒質層 208、209 を伝搬する横波の速度より小さい速度で横波が伝搬する低音速層である。これにより、板波素子 205 の結合係数を大きくすることができ、以下にそれを説明する。

- [0051] 櫛歯電極 207 によって圧電体 206 に励振される板波は波長 λ を有する。ニオブ酸リチウムからなる圧電体 206 の厚み H21 の波長 λ に対する比 $H21/\lambda$ を 0.4 とする。ダイヤモンドからなる媒質層 208、媒質層 209 の厚み H22 の波長 λ に対する比 $H22/\lambda$ を 2 とする。媒質層 211、261 は酸化ケイ素で構成されている。媒質層 211、261 の厚み H23 を変化させた場合の板波素子 205 の電気機械結合係数 k_2 の検証結果を図 12 に示す。図 12 の縦軸は板波素子 205 の電気機械結合係数 k_2 を表し、横軸は主要波の波長 λ で規格化した媒質層 211、261 の厚み H23、すなわち比 $H23/\lambda$ を表す。図 12 において、比 $H23/\lambda$ が 0 である板波素子は図 7 に示す板波素子 205 である。図 12 に示すように、媒質層 211、261 の厚み H23 が大きくなるに伴い、板波素子 205 の電気機械結合係数 k_2 が大きく著しく改善している。次に、低音速層である媒質層 211、261 を備えていない板波素子 205 と、比 $H23/\lambda$ が 0.

1の厚みH23を有する媒質層211、206を備えた板波素子2205の変位分布の検証結果を図13に示す。図8と同様に、図13において、縦軸はピーク値で規格化した振幅を表し、横軸は波長 λ で規格化した法線方向N201での位置を示す。図13に示すように、低音速層である媒質層211、261を設けることにより櫛歯電極207の存在する圧電体206と媒質層211の界面に変位分布のピークを近づけることができる。このように、櫛歯電極207の周辺に変位分布を集中させることで板波素子205の電気機械結合係数 k_2 を大きくすることが可能となる。

[0052] 媒質層211、261が酸化ケイ素など、圧電体206と逆の周波数温度特性を有する誘電体で構成することで、板波素子2205の周波数温度係数を小さくして、周波数温度特性を向上させることができる。

[0053] 圧電体206が単結晶基板である場合には、媒質層209と圧電体206を直接接合などの技術で接合することができる。圧電体206が薄膜より構成されている場合は、媒質層209の上面に圧電体206が配向することが可能なバッファ層を設け、そのバッファ層の上面にスパッタリングやCVDなどの技術を用いて圧電体206となる圧電薄膜を形成することができる。また、媒質層209として、ガラス、サファイヤ、シリコンなどの熱膨張係数の小さい素材を用いることで周波数温度係数の小さい周波数温度特性の向上した板波素子205を実現することが可能となる。

[0054] 図14は実施の形態2によるさらに他の板波素子3205の断面模式図である。図14において、図11に示す板波素子2205と同じ部分には同じ参照番号を付し、その説明を省略する。図14に示す板波素子3205は、圧電体206の上面206Aは、励振領域206Cの他に、励振領域206D、206Eをさらに有する。上面206Aの励振領域206D、206Eには櫛歯電極217、227がそれぞれ設けられている。媒質層211は、櫛歯電極207、217、227を覆うように、圧電体206の上面206Aと櫛歯電極207、217、227の上面207A、217A、227Aに設けられている。圧電体206の励振領域206Cにおける部分1206

は法線方向N 2 0 1の厚みH 2 1を有する。圧電体2 0 6の励振領域2 0 6 Dにおける部分2 2 0 6は法線方向N 2 0 1の厚みH 3 1を有する。圧電体2 0 6の励振領域2 0 6 Eにおける部分3 2 0 6は法線方向N 2 0 1の厚みH 4 1を有する。圧電体2 0 6の厚みH 2 1、H 3 1、H 4 1は互いに異なり、厚みH 2 1は厚みH 3 1より小さく、厚みH 3 1は厚みH 4 1より小さい。媒質層2 0 8の上面2 0 8 Aには、図9に示す板波素子1 2 0 5の吸音層2 1 0が設けられている。圧電体2 0 6の部分1 2 0 6、2 2 0 6での下面2 0 6 Bには媒質層2 6 1が設けられている。圧電体2 0 6の部分3 2 0 6での下面2 0 6 Bは媒質層2 6 1が設けられていない。媒質層2 6 1の下面2 6 1 Bと圧電体の部分3 2 0 6での下面2 0 6 Bには、図9に示す板波素子1 2 0 5の吸音層2 6 0が設けられている。このように、櫛歯電極2 0 7、2 1 7、2 2 7が設けられている励振領域2 0 6 C、2 0 6 D、2 0 6 Eでのそれぞれの圧電体2 0 6の厚みH 2 1、H 3 1、H 4 1を互いに異ならせることで、単体の板波素子3 2 0 5において、異なる複数の板波素子の特性を得ることが出来る。

[0055] 図1 5は実施の形態2によるさらに他の板波素子4 2 0 5の断面模式図である。図1 5において、図1 4に示す板波素子3 2 0 5と同じ部分には同じ参照番号を付し、その説明を省略する。図1 5に示す板波素子4 2 0 5では、櫛歯電極2 1 7と圧電体2 0 6の上面2 0 6 Aの励振領域2 0 6 Dが露出している。励振領域2 0 6 Dでは櫛歯電極2 1 7により励振された弾性表面波が伝播し、圧電体2 0 6の部分2 2 0 6は弾性表面波素子として機能する。このように、板波素子4 2 0 5は、板波素子と弾性表面波素子とを備えたハイブリッド素子として機能する。

[0056] 図1 6は実施の形態2における板波素子2 0 5（1 2 0 5～4 2 0 5）を備えた電子機器2 0 5 Cのブロック図である。ラダー型フィルタもしくはDMSフィルタ等のフィルタ2 0 5 Bは共振器として板波素子2 0 5（1 2 0 5～4 2 0 5）を備える。携帯電話等の電子機器2 0 5 Cは、フィルタ2 0 5 Bと、フィルタ2 0 5 Bに接続された半導体集積回路素子と、その半導体

集積回路素子に接続された再生装置とを備えている。電子機器 205C は板波素子 205 (1205 ~ 4205) に接続された信号線 1205 を備える。これにより、共振器 (板波素子 205、1205 ~ 4205)、フィルタ 205B、及び電子機器 205C における信号損失を抑制することができる。板波素子 205 (1205 ~ 4205) は、周波数温度特性が良好であるという特徴を有し、携帯電話等の電子機器 205C における、フィルタ、共用器等などに適用が可能である。

- [0057] なお、実施の形態 1、2 において、「上面」「下面」「上方」「真上方」「下方」「真下方」等の方向を示す用語は、圧電体や櫛歯電極等の板波素子の構成部品の相対的な位置関係にのみ依存する相対的な方向を示し、上下方向等の絶対的な方向を示すものではない。

産業上の利用可能性

- [0058] 本発明にかかる板波素子は優れた周波数温度特性を有し、携帯電話等の電子機器における、フィルタ、共用器等などに適用可能である。

符号の説明

- [0059] 106 圧電体
107 櫛歯電極
108 媒質層 (第 1 の媒質層)
109 媒質層 (第 2 の媒質層)
206 圧電体
207 櫛歯電極
208 媒質層 (第 1 の媒質層、第 3 の媒質層)
209 媒質層 (第 2 の媒質層、第 4 の媒質層)
210 吸音層 (第 1 の吸音層)
260 吸音層 (第 2 の吸音層)
211 媒質層 (第 1 の媒質層)
261 媒質層 (第 2 の媒質層)

請求の範囲

- [請求項1] 圧電体と、
前記圧電体の上面に配置されてラム波を主要波として励振させる櫛歯電極と、
前記圧電体の前記上面に前記櫛歯電極を覆うように配置されて前記圧電体とは逆の周波数温度特性を有する第1の媒質層と、
を備えた板波素子。
- [請求項2] 前記圧電体の下面に設けられて前記圧電体とは逆の周波数温度特性を有する第2の媒質層をさらに備えた、請求項1に記載の板波素子。
- [請求項3] 前記第1の媒質層は酸化ケイ素よりなる、請求項1に記載の板波素子。
- [請求項4] 前記圧電体はニオブ酸リチウムよりなり、
前記圧電体の厚み H_1 の前記ラム波の波長 λ に対する比 H_1/λ が $0.075 \sim 0.125$ の場合には前記第1の媒質層の厚み H_2 の波長 λ に対する比 H_2/λ が $0.048 \sim 0.080$ であり、
比 H_1/λ が $0.125 \sim 0.175$ の場合には比 H_2/λ は $0.067 \sim 0.108$ であり、
比 H_1/λ が $0.175 \sim 0.225$ の場合には比 H_2/λ は $0.084 \sim 0.136$ であり、
比 H_1/λ が $0.225 \sim 0.275$ の場合には比 H_2/λ は $0.103 \sim 0.175$ である、請求項3に記載の板波素子。
- [請求項5] 前記圧電体はニオブ酸リチウムよりなり、
前記圧電体の厚み H_1 の前記ラム波の波長 λ に対する比 H_1/λ が $0.075 \sim 0.125$ の場合には前記第1の媒質層の厚み H_2 の波長 λ に対する比 H_2/λ が0より大きくかつ 0.032 より小さく、
比 H_1/λ が $0.125 \sim 0.175$ の場合には比 H_2/λ は0より大きくかつ 0.046 より小さく、
比 H_1/λ が $0.175 \sim 0.225$ の場合には比 H_2/λ は0より

大きくかつ 0.061 より小さく、
比 $H1/\lambda$ が $0.225 \sim 0.275$ の場合には比 $H2/\lambda$ は 0 より大きくかつ 0.084 より小さく、
比 $H1/\lambda$ が $0.275 \sim 0.325$ の場合には比 $H2/\lambda$ は 0 より大きくかつ 0.110 より小さい、請求項 3 に記載の板波素子。

[請求項 6] 前記圧電体は、結晶の c 軸を法線とする平面でカットされた圧電単結晶基板よりなる、請求項 1 に記載の板波素子。

[請求項 7] 前記圧電体の結晶構造は、 c 軸として前記圧電体の前記上面の法線を中心とした回転双晶である、請求項 6 に記載の板波素子。

[請求項 8] 前記圧電体は、前記圧電体の前記上面の法線を c 軸として配向された圧電薄膜よりなる、請求項 1 に記載の板波素子。

[請求項 9] 請求項 1 に記載の板波素子と、
前記板波素子に接続された信号線と、
を備えた電子機器。

[請求項 10] 圧電体と、
前記圧電体の上面に配置されて板波を励振させる櫛歯電極と、
前記櫛歯電極を覆うように前記圧電体の前記上面に配置されて、前記板波の速度よりも大きい速度で横波が伝搬する第 1 の媒質層と、
前記圧電体の下面に配置されて、前記板波の速度よりも大きい速度で横波が伝搬する第 2 の媒質層と、
を備えた板波素子。

[請求項 11] 前記第 1 の媒質層の厚み及び前記第 2 の媒質層の厚みが前記板波の波長より大きい、請求項 10 に記載の板波素子。

[請求項 12] 前記板波の速度が、前記第 1 の媒質層を伝搬する横波の速度及び前記第 2 媒質層を伝搬する横波の速度よりも遅くなるように、前記圧電体の厚み及び前記櫛歯電極の厚みが決定されている、請求項 10 に記載の板波素子。

[請求項 13] 前記第 1 媒質の上面に配置された第 1 の吸音層と、

前記第 2 媒質の下面に配置された第 2 の吸音層と、
をさらに備えた、請求項 10 に記載の板波素子。

[請求項14] 前記櫛歯電極はラム波を主要波として励振させる、請求項 10 に記載の板波素子。

[請求項15] 前記第 1 の媒質層の厚みと前記第 2 の媒質の厚みは略同一である、請求項 10 に記載の板波素子。

[請求項16] 前記第 1 の媒質層と前記第 2 の媒質層は同一の媒質よりなる、請求項 10 に記載の板波素子。

[請求項17] 前記圧電体の結晶構造は、 c 軸として前記圧電体の前記上面の法線を中心とした回転双晶である、請求項 10 に記載の板波素子。

[請求項18] 請求項 10 に記載の板波素子と、
前記板波素子に接続された信号線と、
を備えた電子機器。

[請求項19] 圧電体と、
前記圧電体の上面に配置されて板波を励振させる櫛歯電極と、
前記櫛歯電極を覆うように前記圧電体の前記上面に配置された第 1 の媒質層と、
前記圧電体の下面に配置された第 2 の媒質層と、
前記第 1 の媒質層の上面に配置されて、前記板波の速度よりも大きい速度で横波が伝搬する第 3 の媒質層と、
前記第 2 の媒質層の下面に配置されて、前記板波の速度よりも大きい速度で横波が伝搬する第 4 の媒質層と、
前記第 1 の媒質層には、前記第 1 媒質層を伝搬する横波の速度よりも小さい速度で横波が伝搬し、
前記第 2 の媒質層には、前記第 4 の媒質層を伝搬する横波の速度よりも小さい速度で横波が伝搬する、板波素子。

[請求項20] 前記第 1 の媒質層と前記第 2 の媒質層は酸化ケイ素よりなる、請求項 19 に記載の板波素子。

- [請求項21] 前記櫛歯電極はラム波を主要波として励振させる、請求項 19 に記載の板波素子。
- [請求項22] 前記第 3 の媒質層の厚みと前記第 4 の媒質の厚みは略同一である、請求項 19 に記載の板波素子。
- [請求項23] 前記第 3 の媒質層と前記第 4 の媒質層は同一の媒質よりなる、請求項 19 に記載の板波素子。
- [請求項24] 前記圧電体の結晶構造は、 c 軸として前記圧電体の前記上面の法線を中心とした回転双晶である、請求項 19 に記載の板波素子。
- [請求項25] 請求項 19 に記載の板波素子と、
前記板波素子に接続された信号線と、
を備えた電子機器。

補正された請求の範囲
[2009年11月6日 (06.11.2009) 国際事務局受理]

- [請求項 1] (補正後) 圧電体と、
前記圧電体の上面に配置されてラム波を主要波として励振させる櫛歯電極と、
前記圧電体の前記上面に前記櫛歯電極を覆うように配置されて前記圧電体とは逆の周波数温度特性を有する第1の媒質層と、
前記圧電体の下面に設けられて前記圧電体とは逆の周波数温度特性を有する第2の媒質層と、
を備えた板波素子。
- [請求項 2] (削除)
- [請求項 3] 前記第1の媒質層は酸化ケイ素よりなる、請求項1に記載の板波素子。
- [請求項 4] 前記圧電体はニオブ酸リチウムよりなり、
前記圧電体の厚み H_1 の前記ラム波の波長 λ に対する比 H_1/λ が
 $0.075 \sim 0.125$ の場合には前記第1の媒質層の厚み H_2 の波長 λ に対する比 H_2/λ が $0.048 \sim 0.080$ であり、
比 H_1/λ が $0.125 \sim 0.175$ の場合には比 H_2/λ は $0.067 \sim 0.108$ であり、
比 H_1/λ が $0.175 \sim 0.225$ の場合には比 H_2/λ は $0.084 \sim 0.136$ であり、
比 H_1/λ が $0.225 \sim 0.275$ の場合には比 H_2/λ は $0.103 \sim 0.175$ である、請求項3に記載の板波素子。
- [請求項 5] 前記圧電体はニオブ酸リチウムよりなり、
前記圧電体の厚み H_1 の前記ラム波の波長 λ に対する比 H_1/λ が
 $0.075 \sim 0.125$ の場合には前記第1の媒質層の厚み H_2 の波長 λ に対する比 H_2/λ が0より大きくかつ 0.032 より小さく、
比 H_1/λ が $0.125 \sim 0.175$ の場合には比 H_2/λ は0より大きくかつ 0.046 より小さく、
比 H_1/λ が $0.175 \sim 0.225$ の場合には比 H_2/λ は0より

大きくかつ0.061より小さく、
比 $H1/\lambda$ が0.225～0.275の場合には比 $H2/\lambda$ は0より
大きくかつ0.084より小さく、
比 $H1/\lambda$ が0.275～0.325の場合には比 $H2/\lambda$ は0より
大きくかつ0.110より小さい、請求項3に記載の板波素子。

[請求項6] 前記圧電体は、結晶のc軸を法線とする平面でカットされた圧電単結晶基板よりなる、請求項1に記載の板波素子。

[請求項7] 前記圧電体の結晶構造は、c軸として前記圧電体の前記上面の法線を中心とした回転双晶である、請求項6に記載の板波素子。

[請求項8] 前記圧電体は、前記圧電体の前記上面の法線をc軸として配向された圧電薄膜よりなる、請求項1に記載の板波素子。

[請求項9] 請求項1に記載の板波素子と、
前記板波素子に接続された信号線と、
を備えた電子機器。

[請求項10] 圧電体と、
前記圧電体の上面に配置されて板波を励振させる櫛歯電極と、
前記櫛歯電極を覆うように前記圧電体の前記上面に配置されて、前記板波の速度よりも大きい速度で横波が伝搬する第1の媒質層と、
前記圧電体の下面に配置されて、前記板波の速度よりも大きい速度で横波が伝搬する第2の媒質層と、
を備えた板波素子。

[請求項11] 前記第1の媒質層の厚み及び前記第2の媒質層の厚みが前記板波の波長より大きい、請求項10に記載の板波素子。

[請求項12] 前記板波の速度が、前記第1の媒質層を伝搬する横波の速度及び前記第2媒質層を伝搬する横波の速度よりも遅くなるように、前記圧電体の厚み及び前記櫛歯電極の厚みが決定されている、請求項10に記載の板波素子。

[請求項13] 前記第1媒質の上面に配置された第1の吸音層と、

前記第2媒質の下面に配置された第2の吸音層と、
をさらに備えた、請求項10に記載の板波素子。

[請求項14] 前記櫛歯電極はラム波を主要波として励振させる、請求項10に記載の板波素子。

[請求項15] 前記第1の媒質層の厚みと前記第2の媒質の厚みは略同一である、請求項10に記載の板波素子。

[請求項16] 前記第1の媒質層と前記第2の媒質層は同一の媒質よりなる、請求項10に記載の板波素子。

[請求項17] 前記圧電体の結晶構造は、c軸として前記圧電体の前記上面の法線を中心とした回転双晶である、請求項10に記載の板波素子。

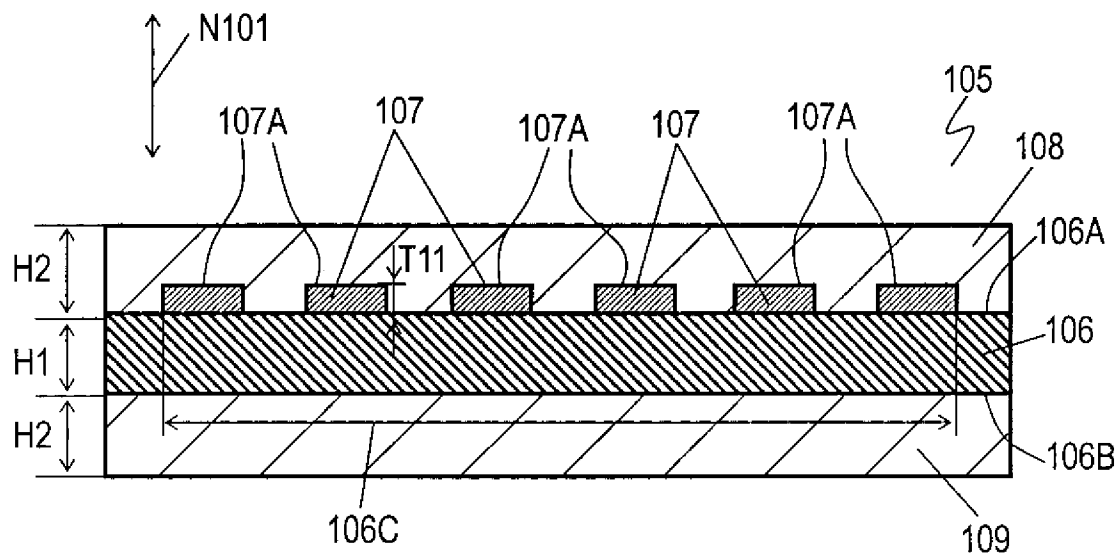
[請求項18] 請求項10に記載の板波素子と、
前記板波素子に接続された信号線と、
を備えた電子機器。

[請求項19] 圧電体と、
前記圧電体の上面に配置されて板波を励振させる櫛歯電極と、
前記櫛歯電極を覆うように前記圧電体の前記上面に配置された第1の媒質層と、
前記圧電体の下面に配置された第2の媒質層と、
前記第1の媒質層の上面に配置されて、前記板波の速度よりも大きい速度で横波が伝搬する第3の媒質層と、
前記第2の媒質層の下面に配置されて、前記板波の速度よりも大きい速度で横波が伝搬する第4の媒質層と、
前記第1の媒質層には、前記第1媒質層を伝搬する横波の速度よりも小さい速度で横波が伝搬し、
前記第2の媒質層には、前記第4の媒質層を伝搬する横波の速度よりも小さい速度で横波が伝搬する、板波素子。

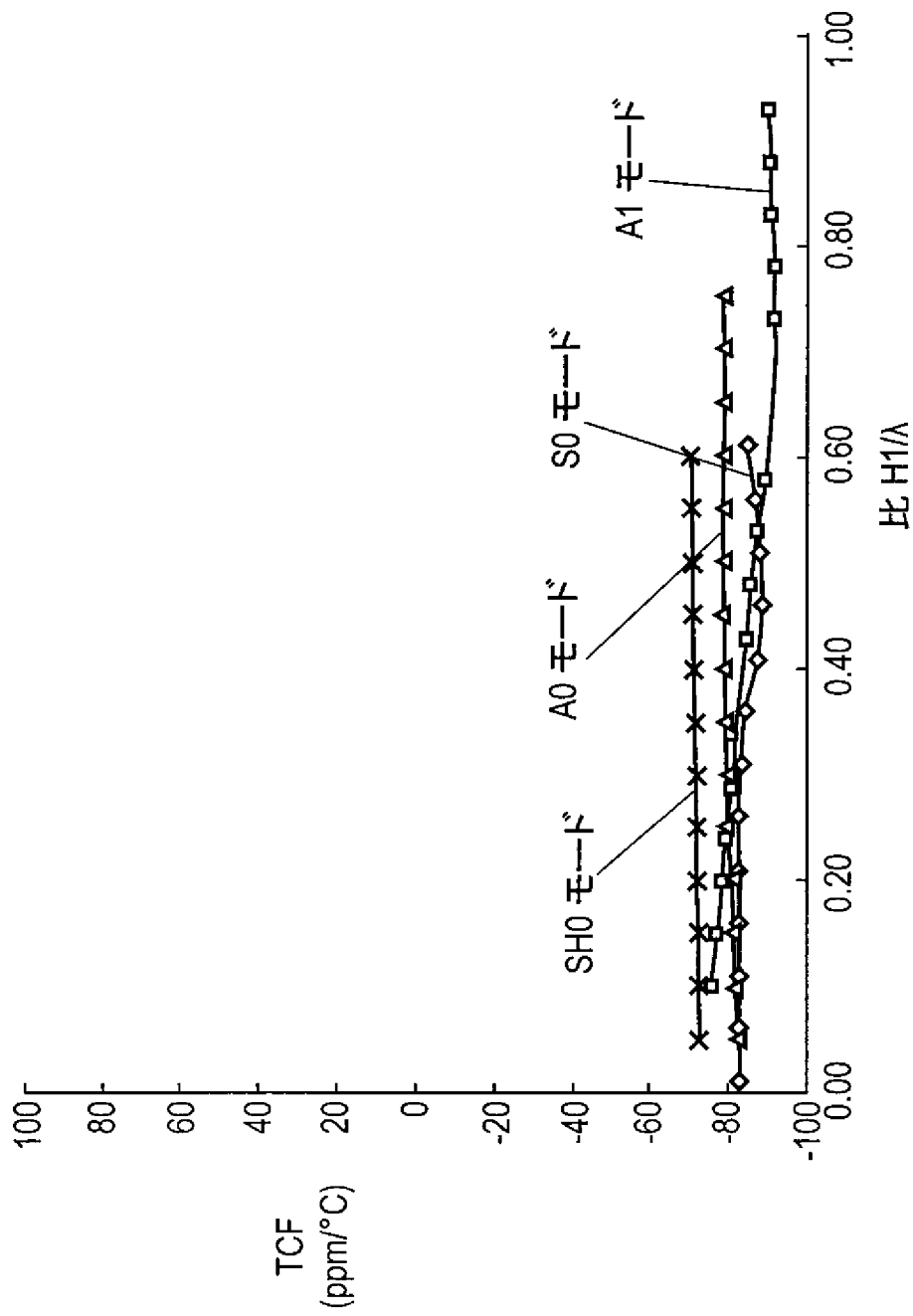
[請求項20] 前記第1の媒質層と前記第2の媒質層は酸化ケイ素よりなる、請求項19に記載の板波素子。

- [請求項 21] 前記櫛歯電極はラム波を主要波として励振させる、請求項 19 に記載の板波素子。
- [請求項 22] 前記第 3 の媒質層の厚みと前記第 4 の媒質の厚みは略同一である、請求項 19 に記載の板波素子。
- [請求項 23] 前記第 3 の媒質層と前記第 4 の媒質層は同一の媒質よりなる、請求項 19 に記載の板波素子。
- [請求項 24] 前記圧電体の結晶構造は、c 軸として前記圧電体の前記上面の法線を中心とした回転双晶である、請求項 19 に記載の板波素子。
- [請求項 25] 請求項 19 に記載の板波素子と、
前記板波素子に接続された信号線と、
を備えた電子機器。

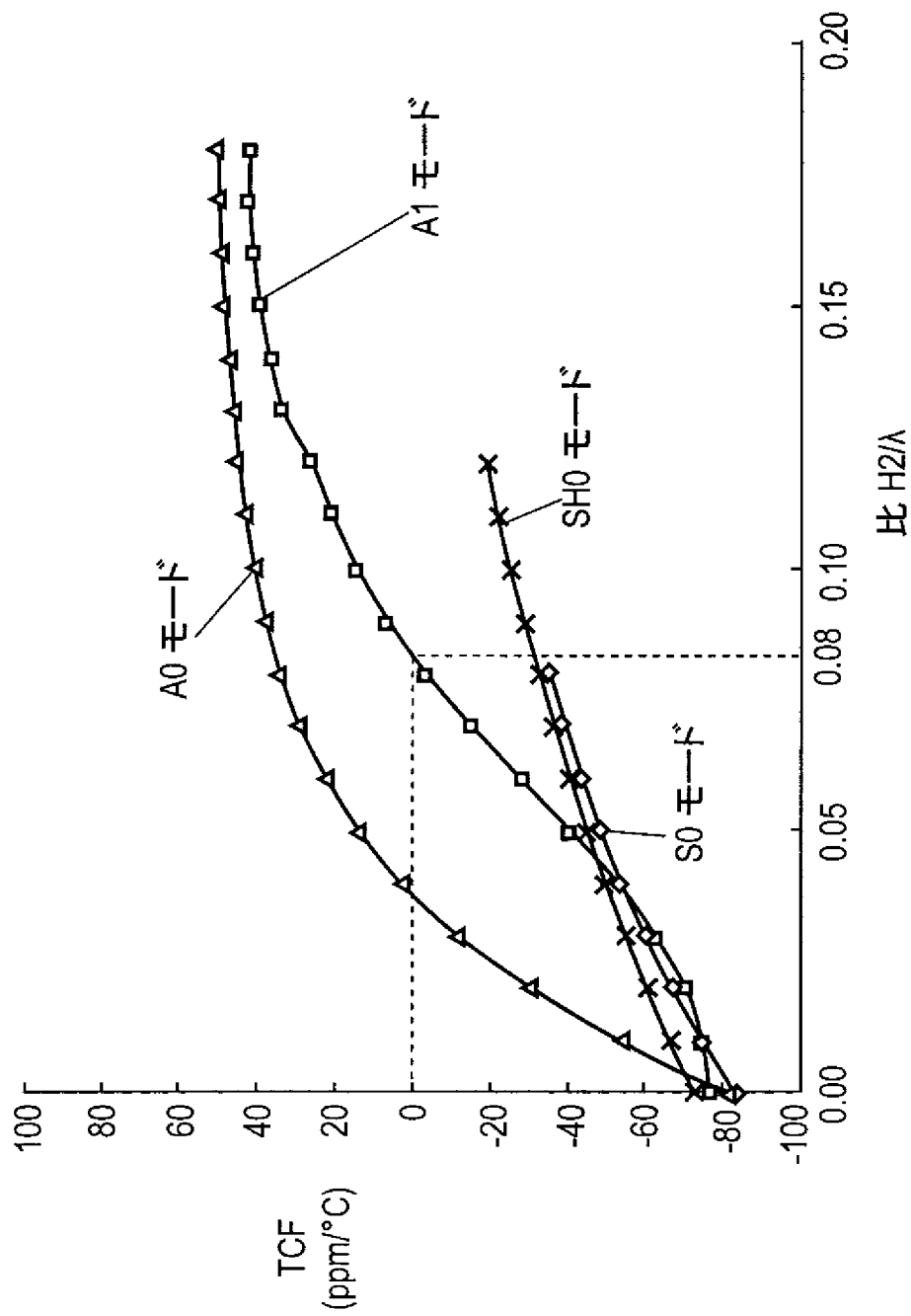
[図1]



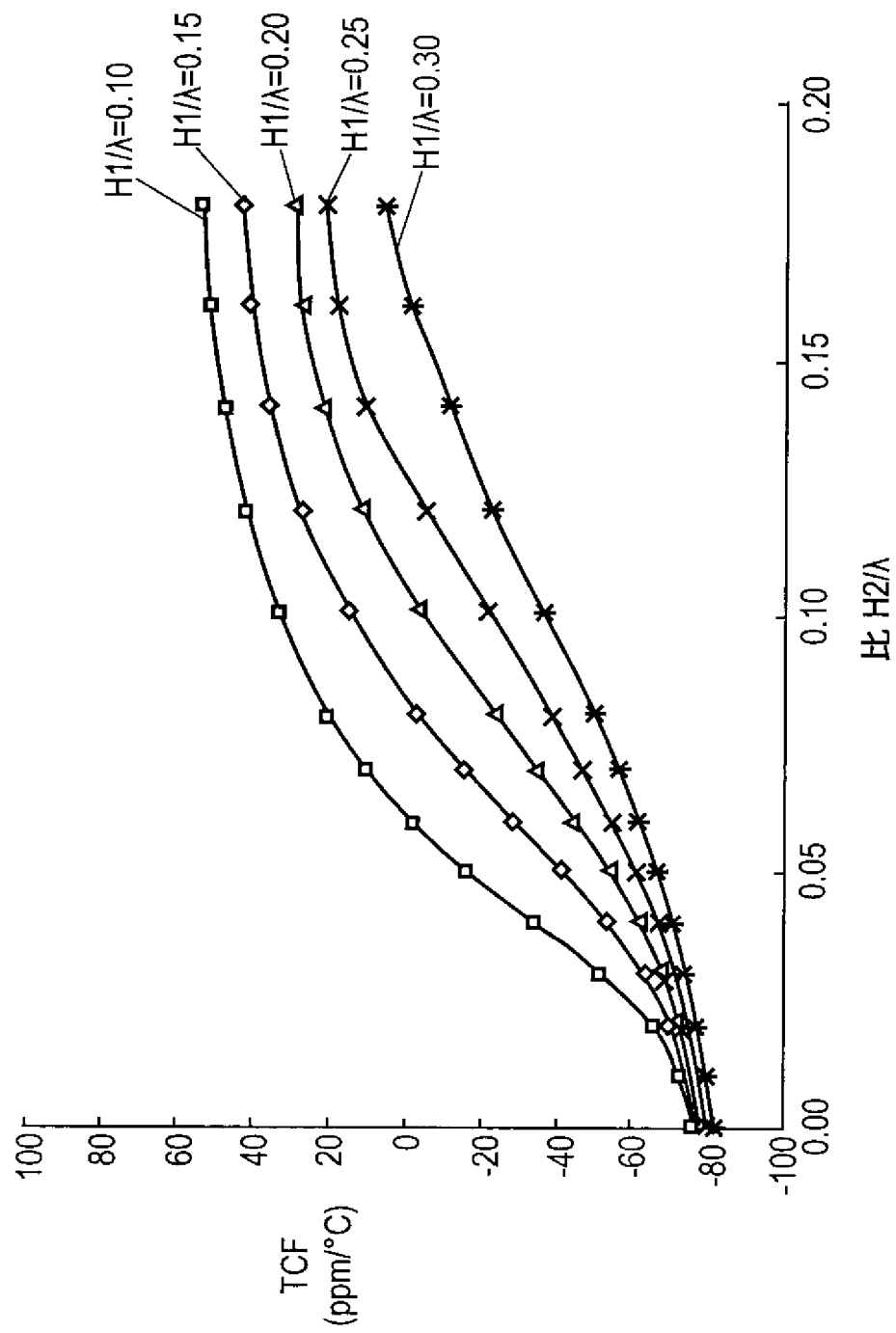
[図2]



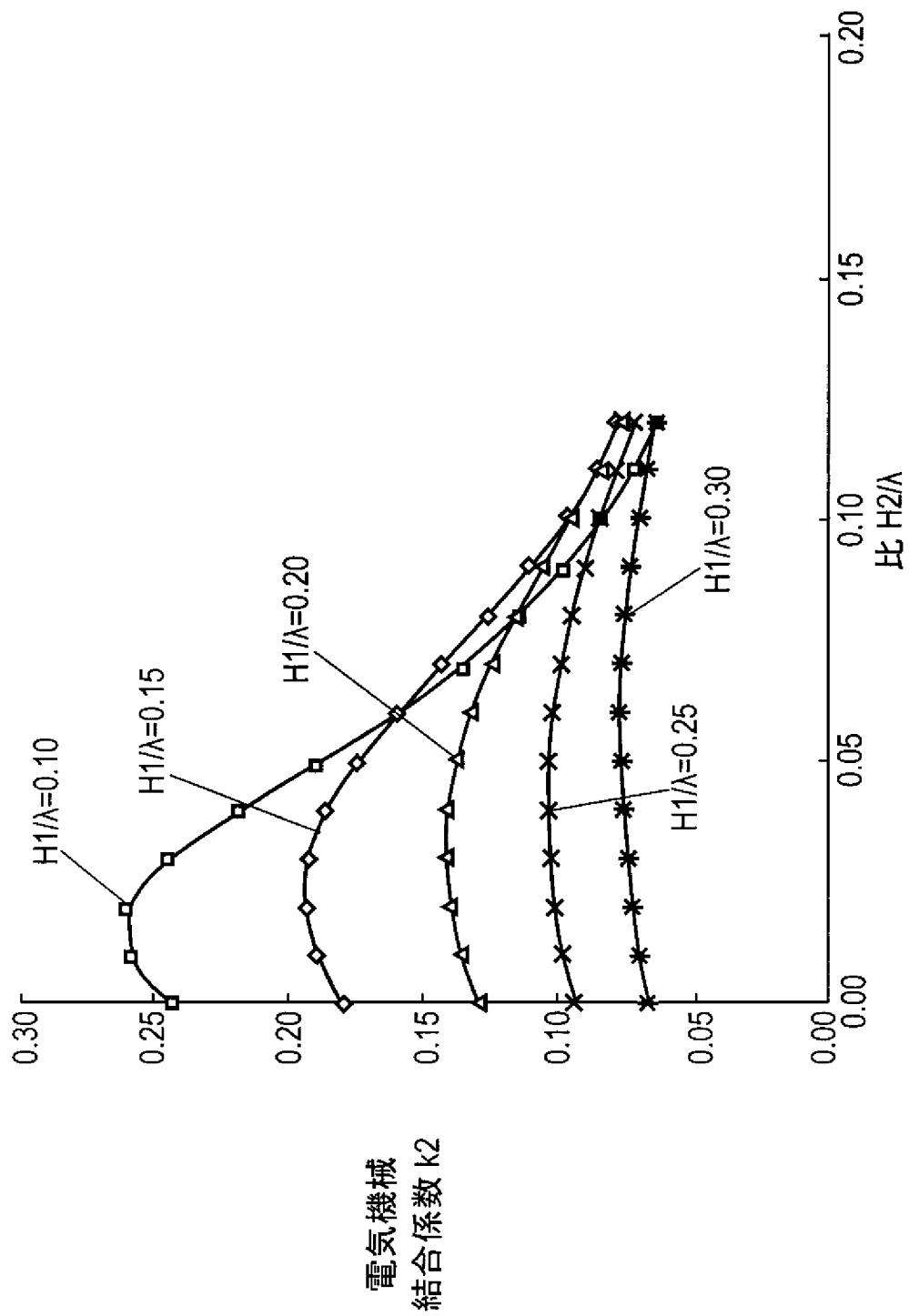
[図3]



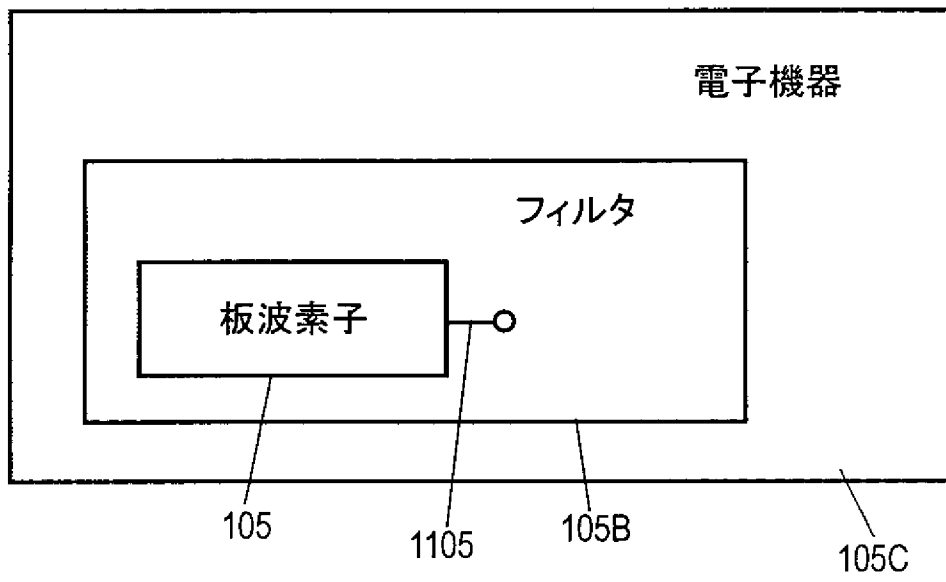
[図4]



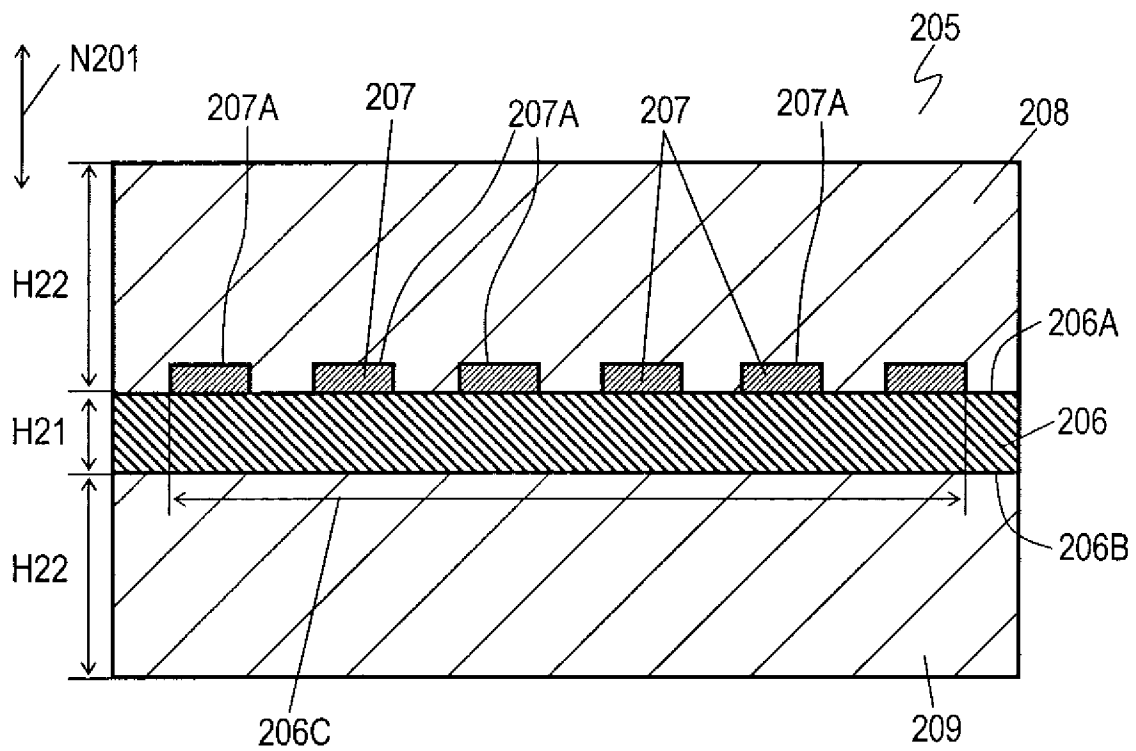
[図5]



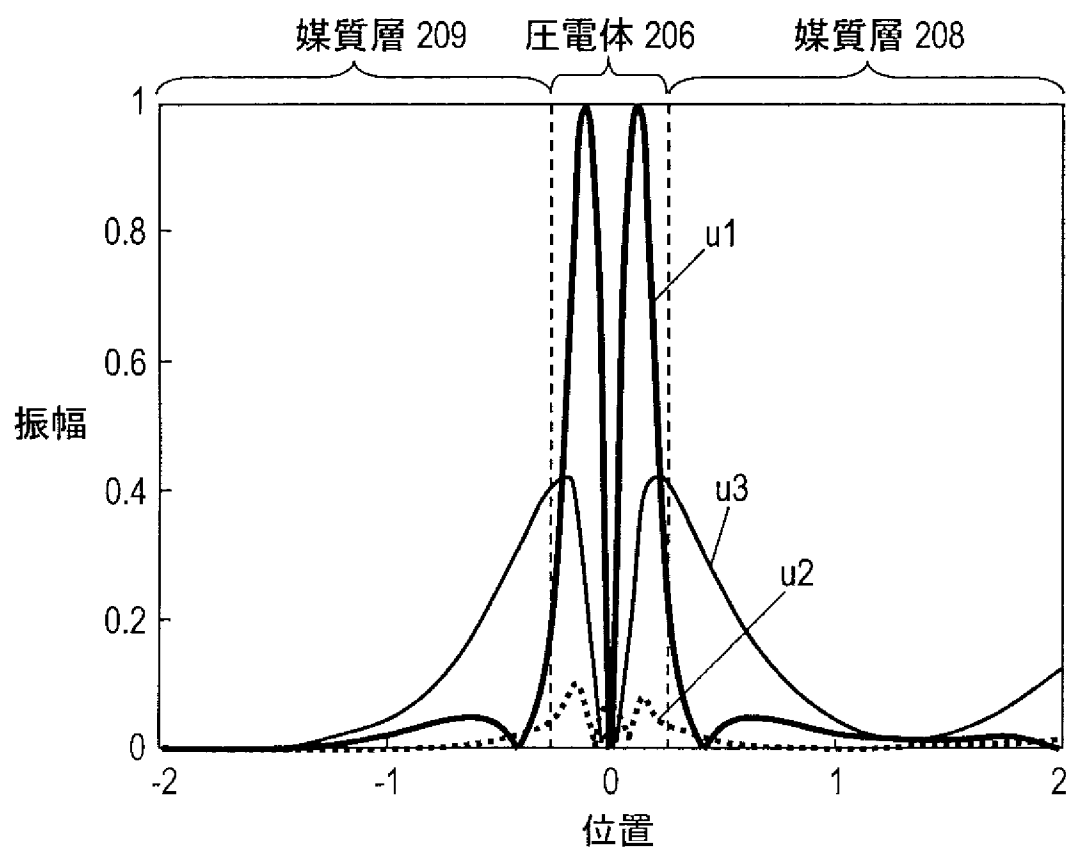
[図6]



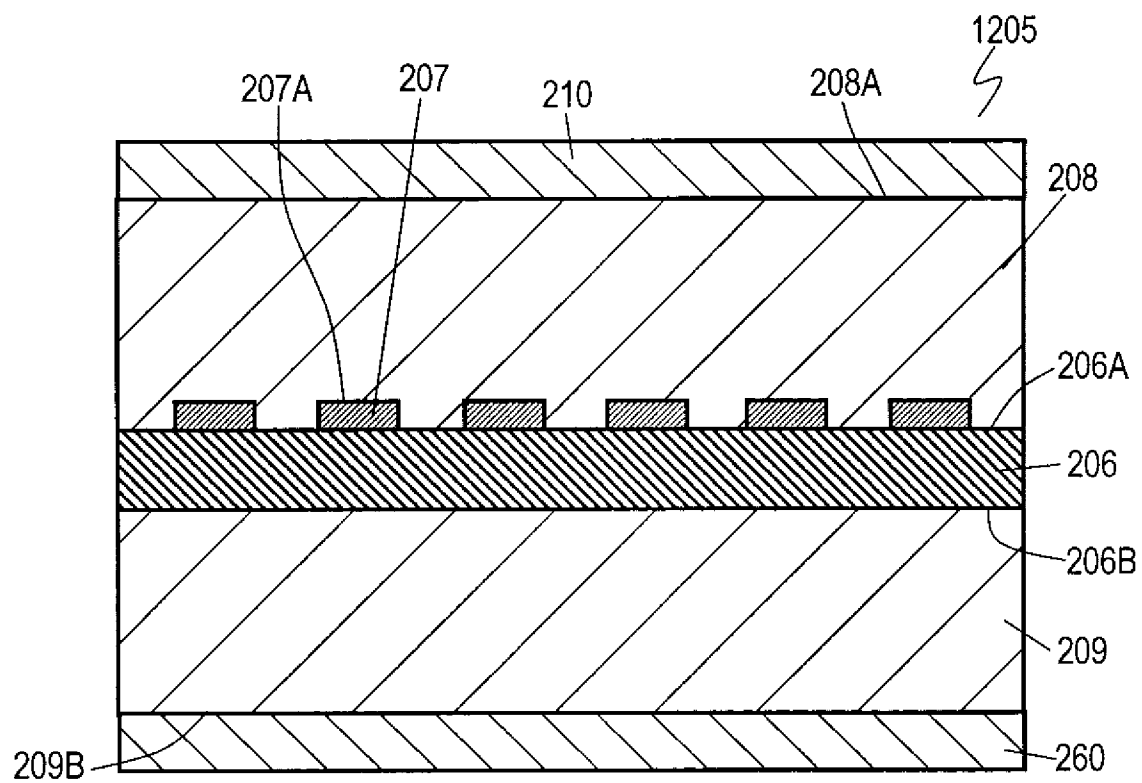
[図7]



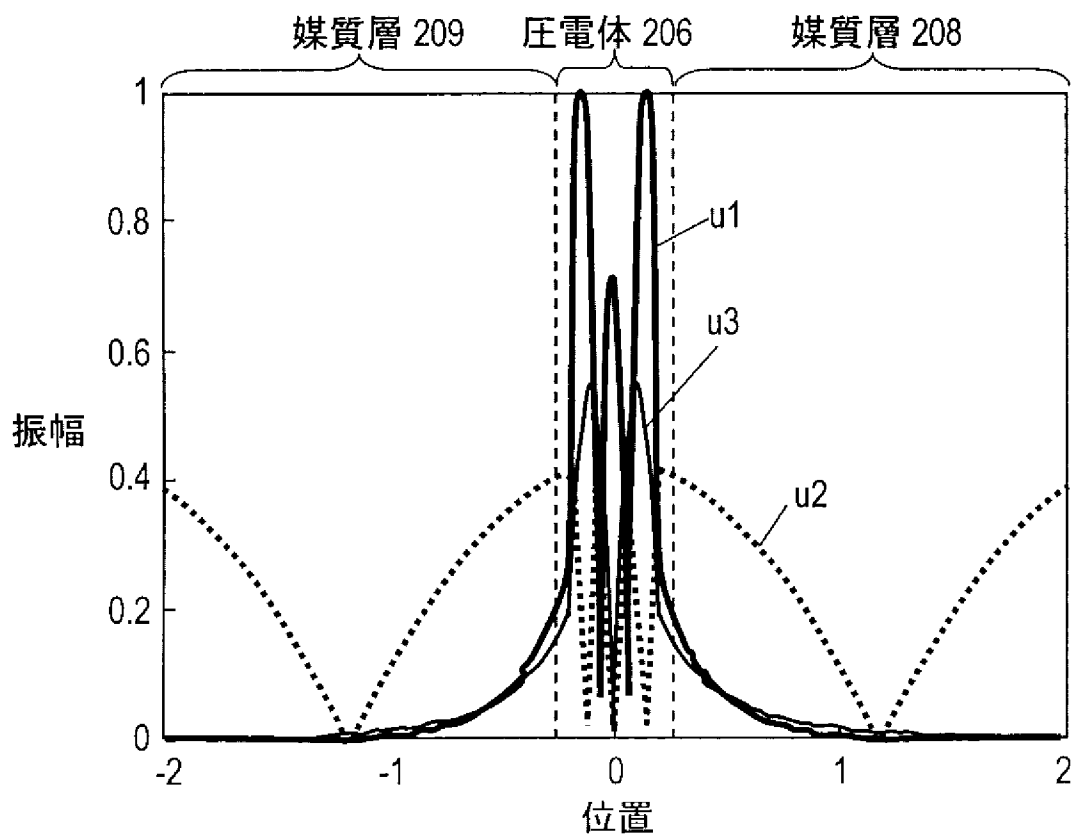
[図8]



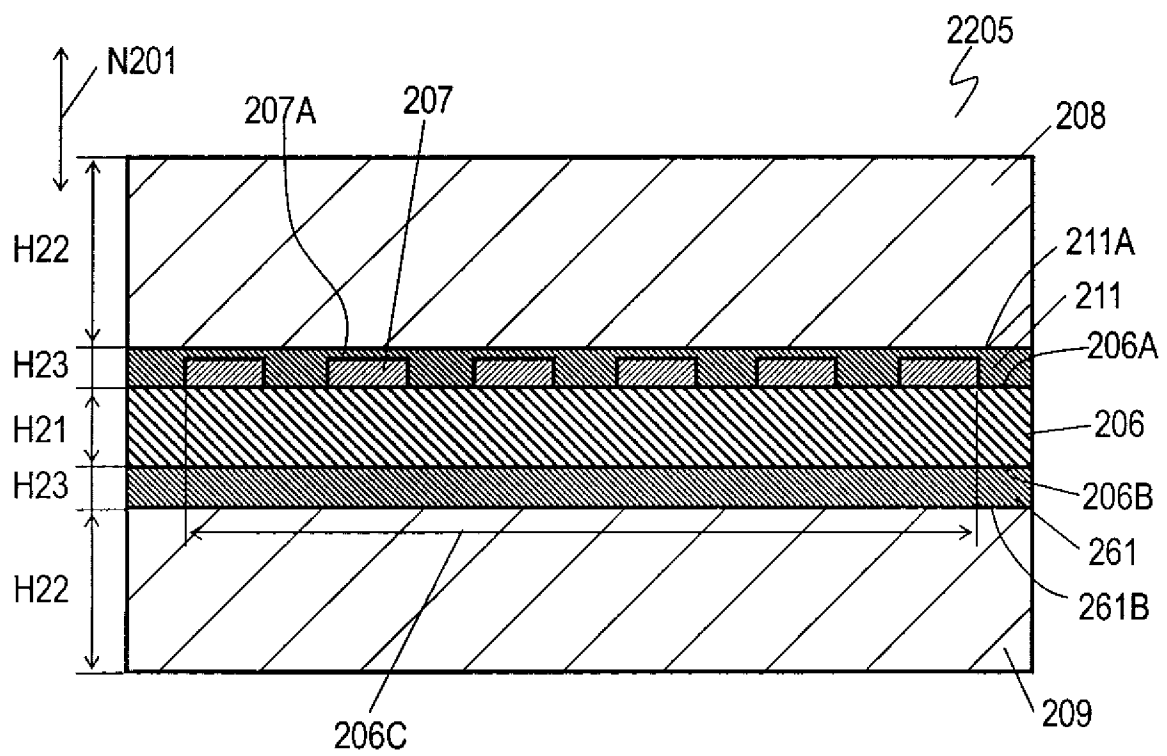
[図9]



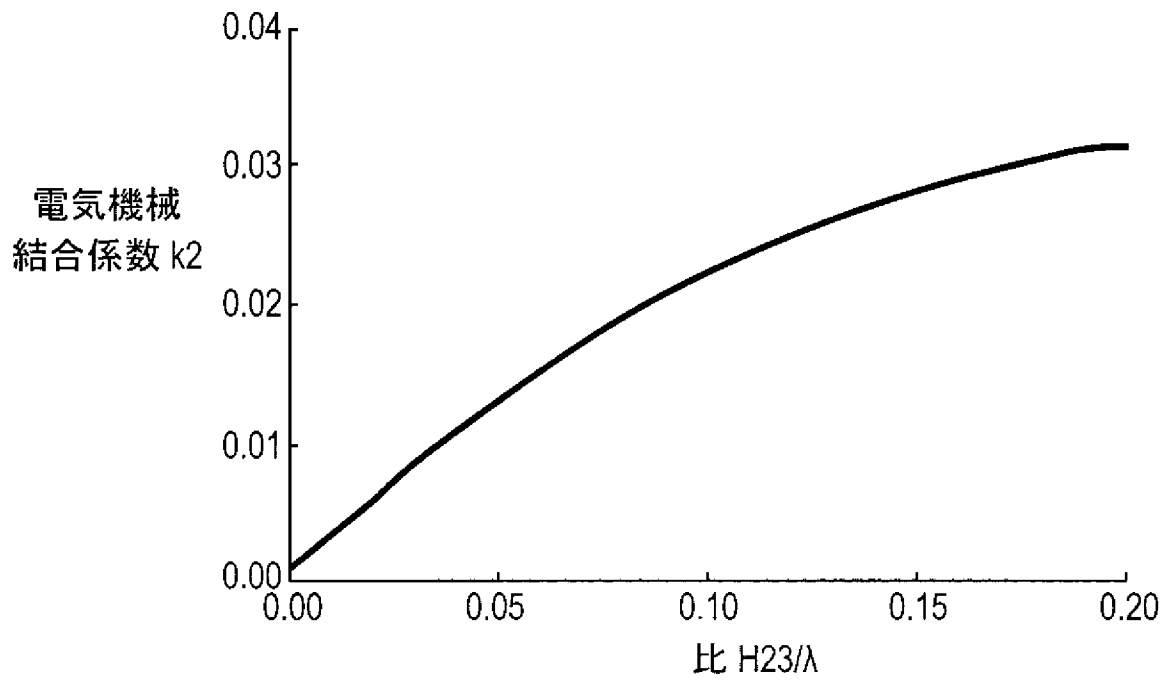
[図10]



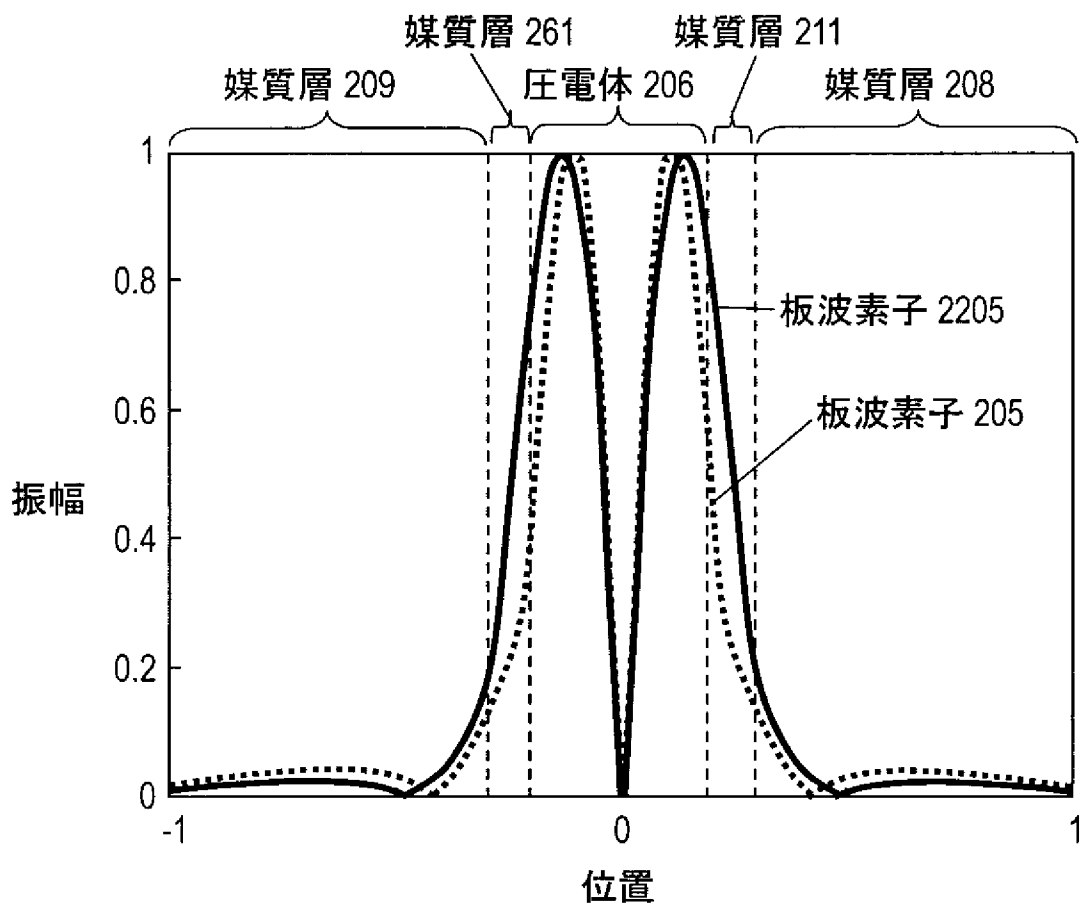
[図11]



[図12]



[図13]



[illegible][illegible]

205, 1205, 2205, 3205, 4205

電子機器

フィルタ

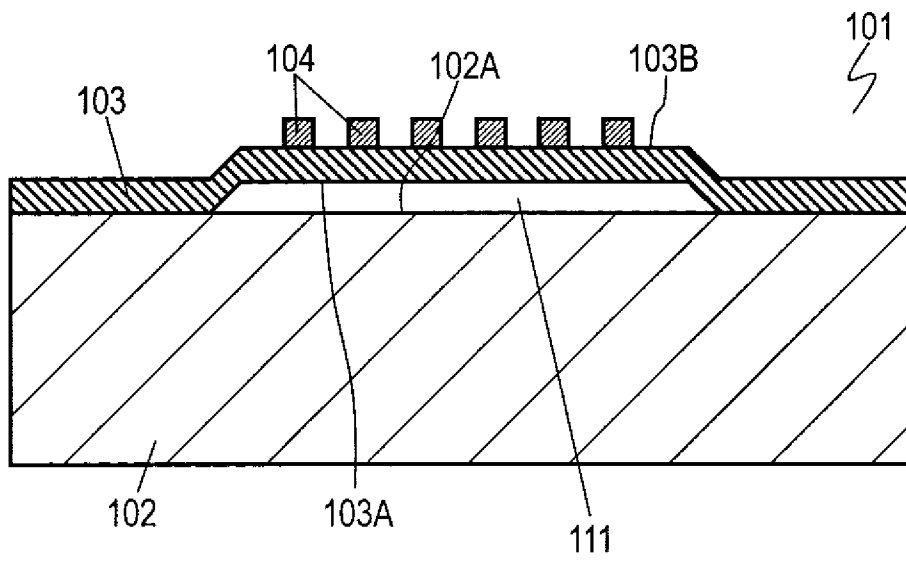
板波素子

1205

205B

205C

[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/003178

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/145(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/18(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)

H03H3/007-H03H3/10, H03H9/00-H03H9/76, H01L41/09, H01L41/18

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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	JP 2007-202087 A (Seiko Epson Corp.), 09 August, 2007 (09.08.07), Par. Nos. [0089] to [0094], [0179]; Figs. 9 to 11 & US 2006/0255884 A1 & EP 1722474 A2	1, 3, 9 2
Y	JP 2008-98974 A (Seiko Epson Corp.), 24 April, 2008 (24.04.08), Par. Nos. [0034] to [0035]; Figs. 1, 3 (Family: none)	2
Y	JP 2002-152007 A (Hitachi, Ltd.), 24 May, 2002 (24.05.02), Par. No. [0012]; Fig. 6 (Family: none)	1-18

☒ 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
01 October, 2009 (01.10.09)

Date of mailing of the international search report
13 October, 2009 (13.10.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/003178

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 2007-312164 A (Hitachi, Ltd.), 29 November, 2007 (29.11.07), Par. No. [0059]; Fig. 18 & US 2007/0267942 A1	1-18
Y	WO 2007/046236 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 26 April, 2007 (26.04.07), Par. No. [0013] & US 2008/0179989 A1 & EP 1947765 A1	7-8, 17, 24
Y	WO 2006/114930 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 02 November, 2006 (02.11.06), Par. Nos. [0054], [0124]; Fig. 2 & US 2009/0115287 A & EP 1879291 A1 & JP 4178328 B	10-20, 22, 24-25 21, 23
Y	WO 2005/069486 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 28 July, 2005 (28.07.05), Par. Nos. [0204] to [0206]; Fig. 31 & US 2006/0138902 A1 & EP 1635459 A1	13
Y	WO 2008/078481 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 03 July, 2008 (03.07.08), Par. Nos. [0020], [0089] to [0091]; Fig. 13 (Family: none)	19-20, 22, 24-25 21, 23

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, H01L41/09 (2006.01)i, H01L41/18 (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. H03H3/007-H03H3/10, H03H9/00-H03H9/76, H01L41/09, H01L41/18

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 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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	JP 2007-202087 A (セイコーエプソン株式会社) 2007.08.09, [0089]-[0094], [0179], 図 9-図 11 & US 2006/0255884 A1 & EP 1722474 A2	1, 3, 9 2
Y	JP 2008-98974 A (セイコーエプソン株式会社) 2008.04.24, [0034]-[0035], 図 1, 図 3 (ファミリーなし)	2

☒ 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

0 1 . 1 0 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 3 . 1 0 . 2 0 0 9

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)

崎間 伸洋

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

5 W

3 5 7 0

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 2002-152007 A (株式会社日立製作所) 2002. 05. 24, [0012], 図 6 (ファミリーなし)	1-18
Y	JP 2007-312164 A (株式会社日立製作所) 2007. 11. 29, [0059], 図 18 & US 2007/0267942 A1	1-18
Y	WO 2007/046236 A1 (株式会社村田製作所) 2007. 04. 26, [0013] & US 2008/0179989 A1 & EP 1947765 A1	7-8, 17, 24
Y	WO 2006/114930 A1 (株式会社村田製作所) 2006. 11. 02, [0054], [0124], 図 2	10-20, 22, 24- 25 21, 23
A	& US 2009/0115287 A & EP 1879291 A1 & JP 4178328 B	
Y	WO 2005/069486 A1 (株式会社村田製作所) 2005. 07. 28, [0204]-[0206], 図 31 & US 2006/0138902 A1 & EP 1635459 A1	13
Y	WO 2008/078481 A1 (株式会社村田製作所) 2008. 07. 03, [0020], [0089]-[0091], 図 13	19-20, 22, 24- 25 21, 23
A	(ファミリーなし)	