

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5835765号  
(P5835765)

(45) 発行日 平成27年12月24日(2015.12.24)

(24) 登録日 平成27年11月13日(2015.11.13)

(51) Int.Cl.		F I			
HO3H	9/25	(2006.01)	HO3H	9/25	C
HO3H	9/145	(2006.01)	HO3H	9/25	A
			HO3H	9/145	Z

請求項の数 9 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2015-524110 (P2015-524110)	(73) 特許権者	000237444 リバーエレクトック株式会社 山梨県韮崎市富士見ヶ丘2丁目1番11号
(86) (22) 出願日	平成26年6月26日(2014.6.26)	(74) 代理人	100097043 弁理士 浅川 哲
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/066981	(72) 発明者	今 大健 日本国山梨県韮崎市富士見ヶ丘2丁目1番 11号 リバーエレクトック株式会社内
(87) 国際公開番号	W02014/208664	(72) 発明者	水本 勝也 日本国山梨県韮崎市富士見ヶ丘2丁目1番 11号 リバーエレクトック株式会社内
(87) 国際公開日	平成26年12月31日(2014.12.31)	審査官	橋本 和志
審査請求日	平成27年6月10日(2015.6.10)		
(31) 優先権主張番号	特願2013-135672 (P2013-135672)		
(32) 優先日	平成25年6月28日(2013.6.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2013-135673 (P2013-135673)		
(32) 優先日	平成25年6月28日(2013.6.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2013-135675 (P2013-135675)		
(32) 優先日	平成25年6月28日(2013.6.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 弾性波素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

X軸、Y軸及びZ軸からなる三次元の結晶方位を有する水晶体からY軸及びZ軸をX軸の周りに回転させて切り出され、

右手系のオイラー角( , , )で規定される回転角によってカットされ、板厚H / が  $0.8 < H / < 1.4$  の範囲にある水晶基板と、この水晶基板の表面に板波を励振させる少なくとも1つの励振電極とを備える弾性波素子であって、

前記水晶基板は回転角が  $\theta = 0 \pm 10^\circ$ 、  $\theta = 110^\circ \sim 140^\circ$ 、  $\theta = 30 \sim 50^\circ$  の範囲でカットされ、25 でテイラー展開したときの1次温度係数  $\times 10^{-6}$  が  $-1.0 < < +1.0$ 、2次温度係数  $\times 10^{-8}$  が  $-1.0 < < +1.0$  の範囲内にあり且つ位相速度が  $3500 \sim 4500 \text{ m/s}$  となる板波を振動モードとしたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項2】

前記水晶基板の裏面側に周波数の調整を行う裏面電極が形成される請求項1に記載の弾性波素子。

【請求項3】

X軸、Y軸及びZ軸からなる三次元の結晶方位を有する水晶体からY軸及びZ軸をX軸の周りに回転させて切り出され、

右手系のオイラー角( , , )で規定される回転角によってカットされ、板厚H / が  $1.25$  以下の水晶基板と、この水晶基板の表面に板波を励振させる少なくとも1つ

の励振電極とを備える弾性波素子であって、

前記水晶基板は回転角が  $\theta = 0 \pm 10^\circ$ 、 $\theta = 35^\circ \sim 40^\circ$ 、 $\theta = 0 \pm 10^\circ$  の範囲でカットされ、 $25^\circ$  でテイラー展開したときの1次温度係数  $\alpha \times 10^{-6}$  が  $-1.0 < \alpha < +1.0$ 、2次温度係数  $\beta \times 10^{-8}$  が  $-1.0 < \beta < +1.0$  の範囲内にあり且つ位相速度が  $4500 \text{ m/s} \sim 6000 \text{ m/s}$  の板波を振動モードとし、

前記励振電極は複数の電極指を有する櫛形電極によって形成され、各電極指間距離に対する一の電極指の幅の比で規定されるメタライゼーションレシオ  $R$  を  $0.6 < R < 0.9$  の範囲内に設定することによって、前記振動モード以外の不要振動による異常発振を低減させたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項4】

前記水晶基板の裏面側に周波数の調整を行う裏面電極が形成され、この裏面電極の膜厚を  $0.001 < H_b / \lambda < 0.005$  の範囲内に設定することによって、前記振動モード以外の不要振動による異常発振を低減させた請求項3に記載の弾性波素子。

【請求項5】

X軸、Y軸及びZ軸からなる三次元の結晶方位を有する水晶体からY軸及びZ軸をX軸の周りに回転させて切り出され、

右手系のオイラー角 ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) における各回転角が  $\alpha = 0 \pm 10^\circ$ 、 $\beta = 35^\circ \sim 40^\circ$ 、 $\gamma = 0 \pm 10^\circ$  の範囲でカットされ、 $25^\circ$  でテイラー展開したときの1次温度係数  $\alpha \times 10^{-6}$  が  $-0.5 < \alpha < +0.5$ 、2次温度係数  $\beta \times 10^{-8}$  が  $-1.0 < \beta < +1.0$  の範囲内で、位相速度が  $4500 \text{ m/s} \sim 6000 \text{ m/s}$  の板波を振動モードとし、板厚  $H / \lambda$  が  $1.00 < H / \lambda < 1.35$  の範囲にある水晶基板と、

回転後のX軸をX'軸、Y軸をY'軸としたとき、前記Y'軸を法線方向とし、前記板波を励振させる少なくとも1つの励振電極が形成される薄板状の振動部と、

前記X軸及びZ'軸を法線方向とし、前記振動部よりも厚みを有して振動部の周囲を保持する保持部とによって一体形成され、

少なくとも縦波成分を有する振動モードを得ると共に、前記励振電極が複数の電極指を有する櫛形電極によって形成され、各電極指間距離に対する一の電極指の幅の比で規定されるメタライゼーションレシオ  $R$  を  $0.6 < R < 0.9$  の範囲内に設定することによって、前記振動モード以外の不要振動による異常発振を低減させたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項6】

前記保持部は、X軸又はZ'軸に面した少なくとも一方向が開口しており、少なくとも縦波成分を有する振動モードを得る請求項5に記載の弾性波素子。

【請求項7】

前記水晶基板の裏面側に周波数の調整を行う裏面電極が形成され、この裏面電極の厚みを調整することで、前記振動モードにおける温度特性を調整する請求項5に記載の弾性波素子。

【請求項8】

前記振動部及び保持部は、前記水晶基板をY'軸方向に凹設することによって形成される請求項5に記載の弾性波素子。

【請求項9】

前記励振電極が複数の電極指を有する櫛形電極によって形成され、前記複数の電極指が設けられているエリアに対応した前記水晶基板の裏面側に周波数の調整を行う裏面電極が形成される請求項1, 3, 5のいずれかに記載の弾性波素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンピュータや通信機器等における高周波発振源に用いられる弾性波素子に関するものである。

10

20

30

40

50

## 【背景技術】

## 【0002】

現在、各種の電子機器に搭載されている発振源としては、主にATカットの水晶振動子が多く用いられ、高周波で使用する場合はPLLによって所定の周波数に逡倍して使用している。また、高周波でノイズ等の少ない信号を必要とする場合は、弾性表面波を利用した共振子を直接発振源として使用する場合もある。

## 【0003】

ATカットによる水晶振動子は、安定した周波数特性が得られることから、多くの電子機器の発振源として用いられているが、高速動作するコンピュータや通信機器などの高周波発振源として用いる場合は、厚みを薄くしたり、平坦度を上げたりするなどの高精度の加工技術が必要とされている。

10

## 【0004】

一方、弾性表面波は、圧電基板の表層面に発生する縦波あるいは横波を利用したものであり、その周波数は速度に比例し、波長に反比例する特性を有している。この弾性表面波を用いたデバイスは、所定のカット角で形成された圧電基板の表面に複数の電極指を楕形状に配置してなる励振電極を形成し、この励振電極の膜厚や各電極指のピッチを調整することによって、所定の発振周波数を得るようになっている。

## 【0005】

特許文献1に開示されている圧電デバイスは、回転Yカットの水晶基板に生じる弾性表面波の中のラム波モードを用いたものであり、水晶基板の表面に楕形状の励振電極を有し、裏面に周波数調整用の薄膜を有した構造となっている。この圧電振動子は、温度特性が従来型のSTカット共振子と同じ2次温度特性を有している。

20

## 【0006】

特許文献2, 3には、ラム波を発振させるための振動子が開示されている。このラム波型の振動子は、3次温度特性が得られる点で、ATカットのような厚みすべり振動子よりも周波数特性の改善が図られている。しかしながら、水晶基板のカット角が2軸の回転角度によって規定されているものであることから、作製のしやすさや温度特性のばらつき等に課題がある。

## 【0007】

また、特許文献4には、オイラー角表示で規定された回転Yカットの水晶基板を用いて構成された高周波振動子が開示されている。

30

## 【0008】

なお、上記特許文献2乃至4に開示されている振動子は、圧電基板の表面に楕形状の励振電極を配置した構造となっており、圧電基板の裏面には周波数を調整するための薄膜等は設けられていない。

## 【0009】

特許文献5には、励振電極におけるメタライゼーションレシオと、前記励振電極の膜厚との関係についての記載がある。

## 【0010】

なお、上記特許文献5に開示されている振動子は、圧電基板の表面に励振電極を配置した構造となっており、圧電基板の裏面には周波数を調整するための薄膜等は設けられていない。

40

## 【0011】

特許文献6には、楕形状の励振電極の裏面側から電極膜をトリミングすることによって周波数の調整を行う旨の記載がある。

## 【0012】

また、特許文献7には、電極面に薄膜を設け、この薄膜をトリミングすることによって、周波数の調整を行う方法が開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

50

## 【 0 0 1 3 】

- 【特許文献1】特開昭57-68925号公報
- 【特許文献2】特開2003-258596号公報
- 【特許文献3】特許第4465464号公報
- 【特許文献4】特許第4306668号公報
- 【特許文献5】特開2011-171888号公報
- 【特許文献6】WO2010/082571
- 【特許文献7】特開昭59-210708号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

10

## 【 0 0 1 4 】

上記ATカットによる水晶振動子にあっては、発振周波数の精度は高いが、所定の周波数に逡倍する際に、位相雑音や信号の時間的なズレや揺らぎなどによるジッタが発生するなどの問題がある。一方、弾性波素子では、高周波を直接発振することが可能であるため、位相雑音やジッタ特性は良好であるが、発振周波数の精度がATカット振動子に比べて劣るといった問題がある。

## 【 0 0 1 5 】

また、特許文献1乃至4に記載の従来の板波を利用した弾性波素子にあっては、オイラー一回転角のみを規定してカットされたものである。

## 【 0 0 1 6 】

20

前記弾性波素子で発生する振動波(板波)は、横波と縦波とが結合した振動モードとなり、前記横波と縦波の結合度合いによって、複数の振動モードが存在することとなる。このような板波による振動モードは、従来のレイリー波とは異なり、必要な主振動以外にも、位相速度が異なり且つ電気機械結合係数 $K^2$ の大きな振動モード(不要振動)が存在する場合がある。この主振動と不要振動の反射係数の符号が等しくなるような共振子とした際に、不要振動の等価直列抵抗が主振動モードの等価直列抵抗よりも低くなる場合がある。これによって、発振回路にて発振させた際に異常発振の原因となっていた。

## 【 0 0 1 7 】

特許文献6,7には、トリミングによって周波数の調整を行うとの記載があるが、具体的手段が示されておらず、また、温度特性の観点からの考察はなされていない。

30

## 【 0 0 1 8 】

特に、高周波特性に優れた弾性波素子にあっては、板波を伝搬する振動部が板波の波長程度に薄く形成される。このように薄く形成された振動部に対して電極膜を厚くしたり、振動部の裏面側にさらに電極膜を形成したりすることで周波数の調整は可能であるが、弾性波素子の温度特性が大きく変化してしまう場合がある。このため、周波数調整の範囲が限られ、精度の高い調整ができなかった。

## 【 0 0 1 9 】

そこで、本発明の目的は、これまでとは異なるオイラー一回転角を加えた回転Yカットの水晶基板を用いることで、高周波発振に最適な所定の位相速度であり、且つ3次曲線の良好な温度特性を得ることができる弾性波素子を提供することにある。

40

## 【 0 0 2 0 】

また、高周波を直接発振させることができると共に、ATカット振動子並みに発振周波数の精度が高められ、発振器を構成した際に、不要振動による異常発振を防止することのできる弾性波素子を提供することにある。

## 【 0 0 2 1 】

さらに、励振電極が形成される振動部を薄く、且つ、この振動部を保持する保持部の強度を高めた構造とすることで、前記振動部上を伝搬する板波の周波数特性及び温度特性の改善を図ることができると共に、調整が容易な弾性波素子を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 2 2 】

50

本発明の第1の弾性波素子は、X軸、Y軸及びZ軸からなる三次元の結晶方位を有する水晶体からY軸及びZ軸をX軸の周りに回転させて切り出され、右手系のオイラー角(  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  )で規定される回転角によってカットされた水晶基板と、この水晶基板の表面に板波を励振させる少なくとも1つの励振電極とを備える弾性波素子であって、前記水晶基板は回転角が  $\alpha = 0 \pm 10^\circ$ 、 $\beta = 110^\circ \sim 140^\circ$ 、 $\gamma = 30 \sim 50^\circ$  の範囲でカットされ、25 でテイラー展開したときの1次温度係数  $\times 10^{-6}$  が  $-1.0 < < +1.0$ 、2次温度係数  $\times 10^{-8}$  が  $-1.0 < < +1.0$  の範囲内にある板波を選択して水晶基板の振動モードとしたことを特徴とする。

#### 【0023】

本発明の第2の弾性波素子は、X軸、Y軸及びZ軸からなる三次元の結晶方位を有する水晶体からY軸及びZ軸をX軸の周りに回転させて切り出され、右手系のオイラー角(  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  )で規定される回転角によってカットされた水晶基板と、この水晶基板の表面に板波を励振させる少なくとも1つの励振電極とを備える弾性波素子であって、前記水晶基板は回転角が  $\alpha = 0 \pm 10^\circ$ 、 $\beta = 35^\circ \sim 40^\circ$ 、 $\gamma = 0 \pm 10^\circ$  の範囲でカットされ、25 でテイラー展開したときの1次温度係数  $\times 10^{-6}$  が  $-1.0 < < +1.0$ 、2次温度係数  $\times 10^{-8}$  が  $-1.0 < < +1.0$  の範囲内にある板波を選択して水晶基板の振動モードとしたことを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0024】

本発明の第1の弾性波素子によれば、水晶基板がこれまでとは異なる回転角  $\alpha$  及び  $\beta$  との組み合わせによる右手系のオイラー角(  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\beta = 124^\circ \sim 130^\circ$ ,  $\gamma = 37.5^\circ \sim 38.5^\circ$  )によってカットされたものとなっている。このようなオイラー角によってカットされた水晶基板において、25 でテイラー展開したときの1次温度係数  $\times 10^{-6}$  が  $-1.0 < < +1.0$ 、2次温度係数  $\times 10^{-8}$  が  $-1.0 < < +1.0$  の範囲内にある板波を振動モードとしたことによって、ATカットと略同程度に発振周波数の精度が高められ、且つ、高周波の発振を基本波で得ることができる。これによって、位相雑音やジッタ特性が良好な周波数特性を備えた弾性波素子の提供が可能となった。

#### 【0025】

また、前記オイラー角でカットされた水晶基板を用い、表面に励振電極、裏面に周波数を調整するための裏面電極をそれぞれ所定厚みに形成し、前記励振電極又は裏面電極の膜厚を調整することで、選択された振動モードの周波数特性や温度特性を最適な状態に設定することができる。

#### 【0026】

本発明の第2の弾性波素子によれば、右手系のオイラー角の各回転角がオイラー角(  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\beta = 37.6^\circ \sim 38.3^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$  )でカットされ、25 でテイラー展開したときの1次温度係数  $\times 10^{-6}$  が  $-1.0 < < +1.0$ 、2次温度係数  $\times 10^{-8}$  が  $-1.0 < < +1.0$  の範囲内にある板波を振動モードとして選択した場合であっても、この振動モード以外の不要振動が存在することとなる。このように振動モード以外の不要振動が複数存在する場合であっても、励振電極のメタライゼーションレシオ  $R$  を  $0.6 < < 0.9$  の範囲内に設定することによって、不要振動による共振現象のみを低減させることができる。このため、前記オイラー角及び1次、2次温度係数による条件を満たすことで、ATカットと略同程度の周波数精度を備え、且つ、安定して高周波の発振を基本波で得ることができる。これによって、位相雑音やジッタ特性が良好な周波数特性を備えた弾性波素子の提供が可能となった。

#### 【0027】

また、前記オイラー角でカットされた水晶基板に形成される励振電極のメタライゼーションレシオ  $R$  を  $0.6 < < 0.9$  の範囲内に設定すると共に、表面に励振電極、裏面に周波数を調整するための裏面電極をそれぞれ所定の厚みに形成し、前記励振電極又は裏面電極の膜厚を調整することで、選択された振動モードの周波数特性や温度特性を最適な状

10

20

30

40

50

態に設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の第1実施形態に係る弾性波素子の外観を示す斜視図である。

【図2】上記弾性波素子における右手系のオイラー角の座標図である。

【図3】上記弾性波素子で発生する板波の各モードによる位相速度の分散を示すグラフである。

【図4】回転角  $\theta$  を規定した場合における水晶基板の1次温度係数  $\alpha_1$  を示すグラフである。

【図5】回転角  $\theta$  を規定した場合における水晶基板の2次温度係数  $\alpha_2$  を示すグラフである。

【図6】1次温度係数  $\alpha_1$  が0となる場合の水晶基板の板厚と裏面電極の膜厚との関係を示すグラフである。

【図7】水晶基板の板厚と1次温度係数との関係を示すグラフである。

【図8】水晶基板の板厚と2次温度係数との関係を示すグラフである。

【図9】上記弾性波素子で発生する板波の各モードによる位相速度の分散を示すグラフである。

【図10】メタライゼーションレシオと電気機械結合係数との関係を示すグラフである。

【図11】水晶基板の板厚と電気機械結合係数との関係を示すグラフである。

【図12】励振電極の膜厚と電気機械結合係数との関係を示すグラフである。

【図13】裏面電極の膜厚と電気機械結合係数との関係を示すグラフである。

【図14】各振動モードの発振周波数とインピーダンスとの関係を示すグラフである。

【図15】裏面電極の膜厚とフィガーオブメリットとの関係を示すグラフである。

【図16】本発明の第2実施形態に係る弾性波素子の外観を示す斜視図である。

【図17】上記弾性波素子のA-A断面図である。

【図18】上記弾性波素子のB-B断面図である。

【図19】上記弾性波素子の底面図である。

【図20】上記弾性波素子のX面における加工過程を示す図である。

【図21】上記弾性波素子のZ'面における加工過程を示す図である。

【図22】1次温度係数及び2次温度係数とカット角との関係を示すグラフである。

【図23】1次温度係数及び2次温度係数と板厚との関係を示すグラフである。

【図24】1次温度係数及び2次温度係数と電極膜厚との関係を示すグラフである。

【図25】1次温度係数及び2次温度係数と裏面電極膜厚との関係を示すグラフである。

【図26】裏面電極の各種パターン例を示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本発明の弾性波素子の実施形態を添付図面に基づいて説明する。本実施形態の弾性波素子11は、図1に示すように、薄板状の水晶基板12と、この水晶基板12の表面12aに形成される励振電極13と、水晶基板12の裏面12bに形成される裏面電極14とを備えて構成されている。

【0030】

水晶基板12は、X軸、Y軸及びZ軸からなる三次元の結晶方位を有する水晶体からY軸及びZ軸をX軸の周りに回転させて切り出されており、回転後のX軸をX'軸、Y軸をY'軸としたとき、Y'軸を法線方向とする面をY'面、X軸を法線方向とする面をX面、Z'軸を法線方向とする面をZ'面とする。

【0031】

前記水晶基板12は、右手系のオイラー角 ( $\theta = 0^\circ$ ,  $\phi = 125^\circ$ ,  $\psi = 38^\circ$ ) によって、所定の板厚にカット形成されている。前記励振電極13は、楕形(IDT)電極15, 16を対にして構成される。前記IDT電極15, 16は、水晶基板12の長手方向に沿って延びるベース電極部15a, 16aと、このベース電極部15a, 16aの一

10

20

30

40

50

側面から延びる複数の電極指 15 b, 16 b とを備えている。このように、励振電極 13 は、一方のベース電極部 15 a から延びる電極指 15 b と、他方のベース電極部 16 a から延びる電極指 16 b とが非接触状態で交差するようにして配置される。前記電極指 15 b と電極指 16 b との間の距離（ピッチ）は、励振させる板波の波長 に合わせて設定される。また、前記ピッチは、前記波長 に対して / 2 程度である。この励振電極 13 は、IDT 電極 15, 16 それぞれに極性の異なる電圧を印加することによって、隣接する電極指との間に交番電界が発生し、板波が水晶基板 12 内に励起される。

【0032】

前記水晶基板 12 は、回転 Y カットによって、板厚 H が励振させる板波の波長 と略同程度まで薄く形成されている。前記板厚 H は、励振電極 13 及び裏面電極 14 の膜厚の関

10

【0033】

前記励振電極 13 は、図 1 に示されるように、水晶基板 12 の表面 12 a の略中央部に形成される金 (Au) あるいはアルミニウム (Al) を主成分とする金属膜であり、所定の膜厚となるように成膜して形成される。また、この励振電極 13 を挟んだ両側に反射器 (図示せず) を設けることもできる。反射器を設けることで、前記励振電極 13 で励起させた板波を両側の反射器の間に閉じ込めて大きな共振を得ることができる。

【0034】

裏面電極 14 は、前記励振電極 13 とは反対側の水晶基板 12 の裏面 12 b に形成される。この裏面電極 14 は、水晶基板 12 の裏面 12 b に Au などの金属材料、あるいは、誘電材料を所定の膜厚となるように成膜して形成される。前記金属材料は、Au 以外に Al、Ta、Cu などが使用でき、誘電材料には SiO<sub>2</sub>、ZnO、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> などが使用できる。このような材料で形成される裏面電極 14 は、膜厚によって発振周波数の微調整を行うと共に、前記板厚 H 及び前記励振電極 13 との膜厚との関係によって、3 次温度特性を保持する。

20

【0035】

図 2 は右手系のオイラー角の座標系 ( , , ) を示したものである。ここで、 は Z 軸周りの回転角、 は X' 軸 (X 軸を Z 軸周りに 回転したもの) 周りの回転角、 は Z'' 軸 (Z 軸を X' 軸周りに 回転したもの) 周りの回転角を示す。また、オイラー角 ( = 0°, = 0°, = 0° ) で表される水晶基板は、水晶の Z 軸 (光軸) に垂直な主

30

【0036】

図 3 で示される分散曲線は、縦波と横波が結合した板波あるいはラム波と呼ばれる振動モードである。これらの振動モードは表面波とは異なり、板厚に対しても周波数分散性を示し、位相速度が遅いものから速いものまで、それぞれ温度特性の異なる非常に多くの振動モードが存在する。本実施形態にあっては、後述する振動モードの温度特性の条件を満たすような位相速度が 3500 ~ 4500 m/s に存在する板波を共振子に用いる。

40

【0037】

図 4 は を変数とする右手系のオイラー角 ( = 0°, , ) による水晶基板 12 内を伝搬する振動モードの 1 次温度係数 を計算によって求めた結果である。図 5 は を変数とする右手系のオイラー角 ( = 0°, , ) による水晶基板 12 内を伝搬する振動モードの 2 次温度係数 を計算によって求めた結果である。図 4 及び図 5 とともに、規格化板厚 H / = 1.18 とし、励振電極と裏面電極の膜厚は無視して計算している。

【0038】

図 4 及び図 5 によると = 125°, = 38° 近傍において、1 次温度係数 × 10<sup>-6</sup> が -1.0 < < +1.0、2 次温度係数 × 10<sup>-8</sup> が -1.0 < < +1.0 の範囲内となっている。

50

## 【0039】

図3の実線で示した振動モード曲線は、上記条件によって選択されたものであり、このときの振動モードの位相速度は3500～4500 m/sの範囲となる。なお、図4及び図5は解析値に基づくものであるため、実際には誤差等の影響もあり、1次温度係数及び2次温度係数は必ずしも0とはならない。このため、前記1次温度係数及び2次温度係数による特性曲線が交差する点を中心値とし、この中心値が0に最も近いところを最適条件とした。

## 【0040】

次に、規格化された板厚を $H/h$ 、規格化された励振電極膜厚を $H_s/h_s$ 、規格化された裏面電極膜厚を $H_b/h_b$ とした場合の最適な組み合わせ例を以下に示す。図6は、水晶基板のオイラー角が( $\theta = 0^\circ$ ,  $\theta = 125.25^\circ$ ,  $\theta = 38^\circ$ )、励振電極13及び裏面電極14の材質がAuであって、 $H_s/h_s = 0.015$ とした場合における1次温度係数が0となる $H/h$ と、 $H_b/h_b$ との組み合わせを計算によって求めた結果である。この結果によれば、1次温度係数が裏面電極14の膜厚によって変化することが確認できる。このため、回転角 $\theta$ 、 $\theta$ や板厚等を適時に調整することによって、最適な振動特性を得ることができる。

## 【0041】

表1は右手系のオイラー角を( $\theta = 0^\circ$ ,  $\theta = 125.25^\circ$ ,  $\theta = 37.5^\circ$ )として弾性波素子を製作した場合におけるモードごとの位相速度について、解析値と実験値を比較したものである。なお、比較対象とする振動モードは、電気機械結合係数 $K^2$ が比較的大きく、測定の際にアドミッタンスの波形が十分に確認できるものを選択して行った。ここで、モード3が本発明において実際に使用するモードとなる。解析値と実験値とでは、モードごとにばらつきはあるものの、100 m/s以内の誤差となっている。

## 【0042】

## 【表1】

	解析値[m/s]	実験値[m/s]
モード1	3052	3049
モード2	3603	3621
モード3	3891	3927
モード4	4376	4413
モード5	4960	5008
モード6	6304	6361
モード7	6873	6919
モード8	7140	7189
モード9	7156	7251
モード10	7784	7852

## 【0043】

図7及び図8は、1次温度係数及び2次温度係数についての計算値と実験値を比較した結果を示したものである。 $\alpha$ については、板厚ごとに1次温度係数 $\alpha \times 10^{-6}$ が $-1.0 < \alpha < +1.0$ の範囲内となるように調整している。また、励振電極及び裏面電極にAuを用い、 $H_s/h_s = 0.0015$ 、 $H_b/h_b = 0.0045 \sim 0.0070$ の条件設定で、1次温度係数 $\alpha \times 10^{-6}$ が $-1.0 < \alpha < +1.0$ の範囲内となるように適宜調整を行った。

## 【0044】

図7及び図8を見ると、誤差の範囲は僅かであり、計算結果が妥当であると考えられる。また、 $H/h = 1.18$ の近傍において、1次温度係数 $\alpha \times 10^{-6}$ が $-1.0 < \alpha < +1.0$ 、2次温度係数 $\beta \times 10^{-8}$ が $-1.0 < \beta < +1.0$ の範囲内となり、良好な温度特性が得られることが確認できた。また、励振電極13及び裏面電極14の材質や膜厚を変更した場合は、それに応じて板厚や回転角 $\theta$ 、 $\theta$ を変える必要がある。なお、励振電極及び裏面電極には、Auの代わりにAlを使用した場合であっても同様の効果が得ら

れる。

【0045】

上記結果から、 $\theta$ 、 $\phi$ 、 $H/\lambda$ の各条件が、 $\theta = 124^\circ \sim 130^\circ$ 、 $\phi = 37.5^\circ \sim 38.5^\circ$ 、 $H/\lambda = 1.10 \sim 1.25$ の範囲に収まるように設計することによって、振動モードの位相速度が $3500 \sim 4500 \text{ m/s}$ で、1次温度係数  $\times 10^{-6}$  が  $-1.0 < \text{係数} < +1.0$ 、2次温度係数  $\times 10^{-8}$  が  $-1.0 < \text{係数} < +1.0$ の範囲の温度特性となる良好な板波を発生させることが可能となる。なお、実際に弾性波素子11を製造する際における水晶基板12のカット角については、製造ばらつき等によって上記条件に必ずしも一致するものではない。このような製造ばらつき等を考慮すると、水晶基板12は、回転角が  $\theta = 0 \pm 10^\circ$ 、 $\phi = 110^\circ \sim 140^\circ$ 、 $\psi = 30 \sim 50^\circ$ 、 $H/\lambda = 0.8 \sim 1.4$ であれば本発明の効果を得ることができる。

10

【0046】

次に第2実施形態を上記図1に示した水晶基板12に基づいて説明する。この実施形態の水晶基板12は、右手系のオイラー角 ( $\theta = 0^\circ$ 、 $\phi = 37.6^\circ \sim 38.3^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ$ )によって、所定の板厚にカットされている。

【0047】

図9ではオイラー角 ( $\theta = 0^\circ$ 、 $\phi = 37.6^\circ \sim 38.3^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ$ )で表わされる水晶基板12内を伝搬する板波について、 $H_s/\lambda = 0$ 、 $H_b/\lambda = 0$ における分散曲線を示す。

【0048】

図9で示される分散曲線は、縦波と横波が結合した板波あるいはラム波と呼ばれる振動モードである。これらの振動モードは表面波とは異なり板厚に対しても周波数分散性を示す。この分散曲線によって示されるように、板波には非常に多くのモードが存在するが、本実施形態では、位相速度が $4500 \sim 6000 \text{ m/s}$ となる板波を振動モード(主振動)として選択した。一方、前記主振動の板波の下方に存在する板波は、主振動に影響を及ぼすおそれがある不要振動(副振動)である。

20

【0049】

このような多くの振動モードが存在する弾性波素子にあっては、主振動より音速が遅く、反射係数が主振動と一致し、且つ、実効的な電気機械結合係数  $K_{eff}^2$  が主振動より大きくなるような前記副振動が問題となる。この副振動に対して、 $K_{eff}^2$ を低く抑え込むことによって、等価直列抵抗を大きくし、発振させた際の異常発振を防止することができる。本発明では、前記  $K^2$ を低減させる手段として、板波を励起させる励振電極13のメタライゼーションレシオ  $\alpha$ を最適な値に設定した。ここで、メタライゼーションレシオ  $\alpha$ とは、図1に示したように、励振電極13の電極指15bの幅  $L_t$ と、一方の電極指15bの内側から対向する他方の電極指16bの外側面までの幅  $L_i$ とによって定義される値であり、次式のように表される。なお、波長  $\lambda$ は同一のベース電極部15aに設けられる電極指15b間の幅で定義されている。

30

$$\alpha = L_t / L_i$$

【0050】

前記  $K^2$ は、圧電の性能の目安として広く使用されているものであるが、本発明のように、板波を発生させる弾性波素子にあっては、水晶基板の板厚を波長程度にまで薄くして使用されることから、励振電極13や裏面電極14の膜厚に大きく左右される。このため、共振周波数  $f_r$ と反共振周波数  $f_a$ から次式にて算出される実効的な電気機械結合係数  $K_{eff}^2$ を用いて、本発明に係る弾性波素子の圧電性について評価した。

40

【0051】

【数1】

$$keff^2 = \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{fr}{fa} \right) / \tan \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{fr}{fa} \right)$$

50

## 【 0 0 5 2 】

次に、右手系のオイラー角 ( $\alpha = 0^\circ$ ,  $\beta = 37.6^\circ \sim 38.3^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ ) にてカットされた水晶基板を対象とし、励振電極 1 3 及び裏面電極 1 4 に Au を用い場合において、メタライゼーションレシオ  $\alpha$ 、 $H/\lambda$ 、 $H_s/\lambda$ 、 $H_b/\lambda$  をそれぞれ変化させたときの主振動と副振動の  $K e f f^2$  を図 1 0 乃至図 1 3 に示す。

## 【 0 0 5 3 】

図 1 0 は、 $H/\lambda = 1.20$ 、 $H_s/\lambda = 0.005$ 、 $H_b/\lambda = 0.013$  として、メタライゼーションレシオ  $\alpha$  を変化させた場合における主振動と副振動の  $K e f f^2$  を示したものである。 $\alpha$  は、通常 0.5 付近に設定されるが、この 0.5 から所定の範囲にずらすことによって、副振動による発振を抑えることができる。そこで、本実施形態では、 $\alpha$  を所定の範囲で変化させ、その中で主振動の特性を大きく損なうことなく、副振動の  $K e f f^2$  を効果的に低減させることができる範囲を検証した。

10

## 【 0 0 5 4 】

図 1 0 は、右手系のオイラー角 ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) で規定される水晶基板 1 2 の各回転角が  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\beta = 37.6^\circ \sim 38.3^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$  の範囲に設定され、25  $\mu\text{m}$  でテイラー展開したときの 1 次温度係数  $\alpha_1 \times 10^{-6}$  が  $-0.5 < \alpha_1 < +0.5$ 、2 次温度係数  $\alpha_2 \times 10^{-8}$  が  $-1.0 < \alpha_2 < +1.0$  の範囲内にあるときの位相速度の板波を主振動とする弾性波素子について、励振電極 1 3 のメタライゼーションレシオ  $\alpha$  を調整しながら主振動及び副振動の  $K e f f^2$  を解析した。なお、前記条件の振動モードにおける位相速度は、4500 ~ 6000 m/s 程度となる。

20

## 【 0 0 5 5 】

この結果から、メタライゼーションレシオ  $\alpha$  を  $0.6 < \alpha < 0.9$  の範囲内に設定すれば、主振動に対して、副振動の  $K e f f^2$  を効果的に低減させることができることが確認された。これによって、副振動の等価直列抵抗を大きくし、上記選択された位相速度による主振動に影響を及ぼすことがない。

## 【 0 0 5 6 】

次に、他の設計条件を変数として解析を行った結果を示す。図 1 1 は、メタライゼーションレシオ  $\alpha = 0.5$  として、 $H/\lambda$  を変化させた場合における主振動と副振動の実効的な電気機械結合係数  $K e f f^2$  を示したものである。この図 1 1 から、 $H/\lambda$  が大きくなるにしたがって、主振動の前記  $K e f f^2$  が大きく低下する結果となった。この条件においては、 $H/\lambda$  は 1.25 以下とすることが望ましい。

30

## 【 0 0 5 7 】

図 1 2 は、メタライゼーションレシオ  $\alpha = 0.5$ 、 $H/\lambda = 1.20$ 、 $H_b/\lambda = 0.013$  として、 $H_s/\lambda$  を変化させた場合における主振動と副振動の実効的な電気機械結合係数  $K e f f^2$  を示したものである。また、図 1 3 は、メタライゼーションレシオ  $\alpha = 0.5$ 、 $H/\lambda = 1.20$ 、 $H_s/\lambda = 0.005$  として、 $H_b/\lambda$  を変化させた場合における主振動と副振動の実効的な電気機械結合係数  $K e f f^2$  を示したものである。図 1 2 及び図 1 3 からは、 $H_s/\lambda$  及び  $H_b/\lambda$  を変化させることによって、 $K e f f^2$  の値自体は変化するものの、 $H_s/\lambda$  と  $H_b/\lambda$  の相対関係を大きく変えることができないことが確認された。なお、本実施形態では、励振電極 1 3 及び裏面電極 1 4 に Au を使用したが、Al を使用した場合であっても主振動と副振動の関係は略同様となる。

40

## 【 0 0 5 8 】

上記図 1 1 乃至図 1 3 の結果から、 $H/\lambda$  に関しては、 $H/\lambda$  が大きくなるにしたがって、主振動の  $K e f f^2$  が大きく低下することとなり、副振動を低減する効果が認められた。しかしながら、本発明による弾性波素子は、所定の位相速度と安定した高周波特性を得ることも目的としているため、上述したように、 $H/\lambda$  は 1.25 以下とすることが望ましく、これを基準として、メタライゼーションレシオ  $\alpha$  を  $0.6 < \alpha < 0.9$  の範囲で設定すればよい。なお、 $H_s/\lambda$  及び  $H_b/\lambda$  に関しては、副振動に対する直接的な効果は得られなかったが、高周波発振の実現及び周波数温度特性の微調整等において有効なパラメータとなっている。

50

## 【 0 0 5 9 】

次に、裏面電極 1 4 の膜厚と不要振動との関係を図 1 4 及び図 1 5 に基づいて説明する。図 1 4 に波長  $\lambda = 11.78 \mu\text{m}$ 、板厚  $H = 14.4 \mu\text{m}$  にて構成した場合のインピーダンス Z 波形の例を示す。異常発振の原因となる振動モード励振は、観測される波形のうち最も低い周波数とその次に低い周波数の 2 つ ( M 1 , M 2 ) であり、このときの主振動 M 6 の周波数は 4 3 3 MHz である。異常発振の原因となる 2 つのモード ( M 1 , M 2 ) の位相特性は、図 1 5 に示すように、フィガーオブメリット ( Figure of Merit ) M を基準として、裏面電極 1 4 の膜厚  $H_b / \lambda$  に影響されることが実験結果によって証明された。

## 【 0 0 6 0 】

前記フィガーオブメリット M とは、水晶振動子の Q 値を容量比で割ったもので、機械的な振動子を電気端子から見たときの振動の強さを示している。一般的に、フィガーオブメリット M が 2 以上であれば、インダクティブになるため、コルピッツ発振回路よる発振が可能となるが、逆に 2 より小さくなると、リアクタンス成分が正、すなわちインダクティブとはならないため、コルピッツ発振回路を用いた発振ができなくなる。図 1 5 に示した実験結果によると、裏面電極 1 4 の材料に Au を用いた場合、 $0.001 < H_b / \lambda < 0.005$  の範囲であればフィガーオブメリット M が 2 より小さくなるので、モード M 1 , M 2 による不要振動が抑えられ、発振回路と組み合わせた場合の異常発振を防ぐことができる。

## 【 0 0 6 1 】

本発明の弾性波素子 1 1 , 2 1 を製造する工程において、主振動のフィガーオブメリット M が 2 以上、且つ、不要振動のフィガーオブメリット M が 2 未満となる条件を設定し、この条件の下で水晶基板の板厚及び裏面電極の厚みを決定することで、不要振動による発振が有効に抑えられ、より安定した発振特性を得ることが可能となる。

## 【 0 0 6 2 】

次に第 3 実施形態の弾性波素子 2 1 を図 1 6 乃至図 2 5 に基づいて説明する。この実施形態の弾性波素子 2 1 は、図 1 6 に示すように、裏面側に一部が開口した凹部 3 6 を有する水晶基板 2 2 と、この水晶基板 2 2 の表面側に形成される励振電極 2 3 とで構成されている。また、前記水晶基板 2 2 の裏面側には、前記凹部 3 6 に沿って裏面電極 2 4 を形成することによって、周波数等の微調整が行えるように構成することもできる。

## 【 0 0 6 3 】

前記水晶基板 2 2 は、凹部 3 6 が形成されていない状態のブロック体を、図 2 に示したような右手系のオイラー角 (  $\alpha, \beta, \gamma$  ) によってカットし、その後エッチングによって前記凹部 3 6 を形成したものである。本実施形態では、右手系のオイラー角 (  $\alpha = 0^\circ, \beta = 37.6^\circ \sim 38.3^\circ, \gamma = 0^\circ$  ) によって、所定の板厚にカットした水晶基板 2 2 を使用した。

## 【 0 0 6 4 】

前記オイラー角によってカットされた水晶基板 2 2 は、エッチング加工によって、図 1 7 乃至図 1 9 に示したように、板厚 H が波長  $\lambda$  と略同程度まで薄くした Y' 面と平行な平板状の振動部 3 1 と、この振動部 3 1 の外周部を保持する保持部 3 2 とが一体化された形態となっている。前記振動部 3 1 の板厚 H は、隣接する電極指 2 5 b , 2 6 b の幅で規定される板波の波長  $\lambda$  と同程度の厚みを有している。前記保持部 3 2 は、前記振動部 3 1 から下方に向けて所定の厚みに形成される側壁部 3 3 , 3 4 によって構成されている。前記板厚 H は、励振電極 2 3 及び裏面電極 2 4 の膜厚の関係に基づいて良好な温度特性を有するように調整される。

## 【 0 0 6 5 】

図 1 7 及び図 1 9 に示したように、側壁部 3 3 は、Z' 面に対向しており、前記振動部 3 1 の板厚 H よりも広い幅 W 1 1 に設定されている。また、図 1 8 及び図 1 9 に示したように、側壁部 3 4 は、X 面に対向しており、前記側壁部 3 3 の幅 W 1 1 より広い幅 W 2 1 に設定されている。なお、前記幅 W 2 1 に設定された側壁部 3 4 の反対側は開口部 3 5 と

10

20

30

40

50

なっている。

【0066】

上記水晶基板22は、振動部31をエッチングによって薄く加工する際にできる形状となっており、各側壁部の幅はエッチングに対する耐性を得るために規定されている。一般的に回転Yカットによる水晶基板22に対して、図16に示したような凹部36をウェットエッチングによって加工する際には、水晶の異方性からくるエッチングレートの差から、図20及び図21に示すように、対向するZ'面とX面に比較的大きな傾斜面が形成されることが知られている。一般的な水晶振動子の場合にあつては、X面よりはZ'面の傾斜面の方が大きいため、このZ'面が問題となることが多いが、本発明のように、板波を伝搬させる弾性波素子21の場合は、Z'面のみならず、X面に形成される小さな傾斜面

10

【0067】

図19及び図21に示したように、上記加工上の理由によって、X面には側壁部34を設けず、開口部35とすることで、励振電極や反射器(図示せず)が形成される部分に傾斜面が形成されないようにした。これによって、前記振動部31のエッチングによって薄く平坦化された部分に励振電極23等を形成することができ、板波の伝搬特性を阻害することなくQ値を大きくすることができる。

【0068】

次に、上記構造による水晶基板を形成する工程を図20及び図21に示す。最初に、X軸、Y軸及びZ軸からなる三次元の結晶方位を有する水晶体から右手系のオイラー角( $\alpha = 0^\circ$ 、 $\beta = 37.6^\circ \sim 38.3^\circ$ 、 $\gamma = 0^\circ$ )の範囲でカットされた水晶基板を用意する。この水晶基板の裏面に凹部36を形成する部分を露出させてエッチングマスクを形成した後、Y'面方向からウェットエッチング用の溶液を侵食させていくことで、Y'方向に深くエッチングさせる。そして、振動部31の厚みが所定の板厚Hとなったところでエッチング処理を終了する。

20

【0069】

図20はX面から見たエッチング過程を示したものであり、図21はZ'面から見たエッチング過程を示したものであるが、それぞれの回転面におけるエッチングは略同時進行する。水晶結晶22をウェットエッチングによって浸食させる際、その構造上、X面に対してはY'面への浸食と同時にZ'面側にも浸食が進み(図20(b)~(d))、Z'面

に対してはY'面への浸食と同時にX面側にも浸食が進むこととなる(図21(b)~(d))。このため、図20(d)に示したように、X面から見たときの側壁部の幅が最小W12となる箇所があり、強度の点でこの最小幅W12が振動部31の板厚H以上とすることが望ましい。一方、図21(d)に示したように、Z'面から見たときの側壁部の幅が最小W22となる箇所があり、強度の点でこの最小幅W22が振動部31の板厚H以下となるような場合であれば、図21(e)に示したように、この最小幅となる側壁部をカットし、開口部としても、他方の側壁部が厚く加工されているため、強度を十分に保つことができる。

30

【0070】

次に、上記水晶基板22を用いて構成された弾性波素子21における温度特性等を検証した。通常、板波を発生させる構造の弾性波素子にあつては、規格化板厚H/λによって製造工程における周波数が大きく変動することが知られている。特に、一枚の水晶ウエハから多数個の弾性波素子を製造する場合にあつては、水晶ウエハの板厚が均一でないと、個々の取り出された弾性波素子において周波数のばらつきが生じてしまい、さらに、温度特性のばらつきも大きくなるといった問題があつた。

40

【0071】

本発明の弾性波素子21においては、励振電極23の裏面側に裏面電極24が設けられているので、励振電極23の膜厚と共に、裏面電極24の膜厚をトリミング調整することによって、1次温度係数、2次温度係数等によって規定される温度特性のばらつきを抑え、所定の位相速度となる最適な振動モードを得ることができる。

50

## 【0072】

本実施形態では、前述したオイラー角 ( $\theta = 0^\circ$ ,  $\phi = 37.85^\circ$ ,  $\psi = 0^\circ$ ) の水晶基板 22 を用い、表面及び裏面にそれぞれ金 (Au) の薄膜からなる励振電極 23 及び裏面電極 24 を形成した。図 22 は 1 次温度係数  $\alpha_1$  及び 2 次温度係数  $\alpha_2$  とカット角  $\theta$  との関係を示したグラフであり、図 23 は 1 次温度係数  $\alpha_1$  及び 2 次温度係数  $\alpha_2$  と  $H/\lambda$  との関係を示したグラフである。また、図 24 は 1 次温度係数  $\alpha_1$  及び 2 次温度係数  $\alpha_2$  と  $H_s/\lambda$  との関係を示したグラフであり、図 25 は 1 次温度係数  $\alpha_1$  及び 2 次温度係数  $\alpha_2$  と  $H_b/\lambda$  との関係を示したグラフである。

## 【0073】

図 22 乃至図 25 に示したように、 $\theta$ 、 $H/\lambda$ 、 $H_s/\lambda$ 、 $H_b/\lambda$  の各条件が、  
 $\theta = 37.6^\circ \sim 38.3^\circ$ 、  
 $1.07 < H/\lambda < 1.25$ 、  
 $0.00 < H_s/\lambda < 0.03$ 、  
 $0.00 < H_b/\lambda < 0.05$

の範囲に収まるように弾性波素子を設計することによって、振動モードの位相速度が  $4500 \sim 6000 \text{ m/s}$  となり、

1 次温度係数  $\alpha_1 \times 10^{-6}$  が  $-1.0 < \alpha_1 < +1.0$ 、

2 次温度係数  $\alpha_2 \times 10^{-8}$  が  $-1.0 < \alpha_2 < +1.0$

の範囲内となる良好な板波を発生させることが可能となる。また、板厚がばらついた場合や周波数調整後においても 1 次温度係数  $\alpha_1$  のばらつきを有効に抑えることが可能となる。

## 【0074】

なお、実際に弾性波素子 21 を製造する際における水晶基板 22 のカット角については、製造ばらつき等によって上記条件に必ずしも一致するものではない。このような製造ばらつき等を考慮すると、水晶基板 22 は回転角が  $\theta = 0 \pm 10^\circ$ 、 $\phi = 35^\circ \sim 40^\circ$ 、 $\psi = 0 \pm 10^\circ$ 、 $H/\lambda = 1.00 \sim 1.35$  の範囲であれば本発明の効果を得ることができる。

## 【0075】

上記第 1 実施形態の弾性波素子 11 では、図 26 (a) に示すように、裏面電極 14 が一對の IDT 電極 15, 16 全体を含むように水晶基板 12 の裏面全体に形成されているが、図 26 (b), (c) に示すように、各 IDT 電極 15, 16 のベース電極部 15a, 16a を含まず、電極指 15b, 16b をカバーするエリア (位置及び範囲) に裏面電極 14 を形成することで、前述したような特性を有しつつ、水晶基板 12 に生じる並列容量の増加を抑えることが可能となる。

## 【0076】

前記水晶基板 12 の裏面全体に裏面電極を形成した場合、一對の IDT 電極 15, 16 間の配線パターンの引き回しによって、裏面電極 14 との間に静電容量が発生し、位相特性が悪化してしまうことが並列容量を増加させる原因となっている。そこで、板波を発生させる各電極指 15b, 16b をカバーする前記エリアに限定して裏面電極 14 を形成することで、水晶基板 12 における不要な静電容量を低減させることができ、これによって、位相特性の悪化を避けることができる。なお、図 26 (b), (c) の構成を第 2 実施形態の弾性波素子 21 に適用した場合でも同様の効果が得られる。

## 【0077】

図 26 (b) は裏面電極が 1 つの電極で構成されており、図 26 (c) は複数に分割されている構造である、図 26 (c) に示されるように、複数に分割する場合は分割した各電極間の隙間を板波の波長の  $1/8$  程度にするのが好ましい。

## 【符号の説明】

## 【0078】

- 11 弾性波素子
- 12 水晶基板
- 13 励振電極

10

20

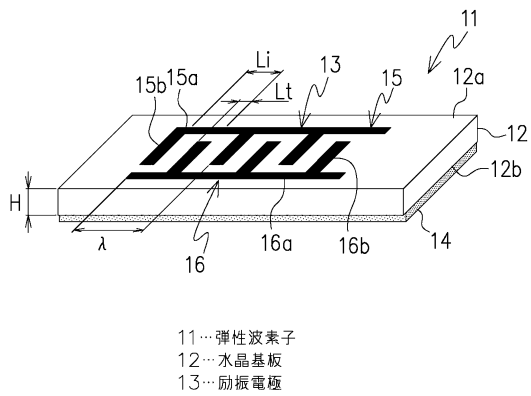
30

40

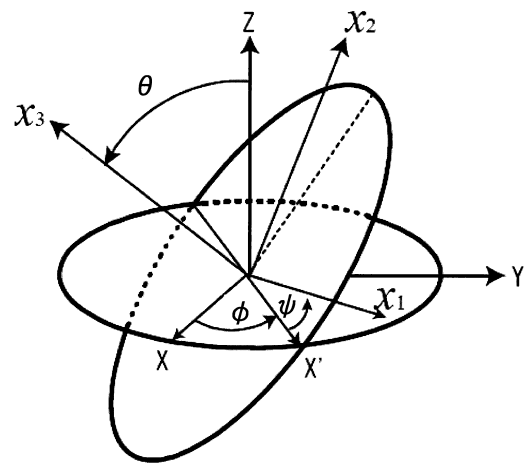
50

- 1 4 裏面電極
- 1 5 , 1 6 I D T 電極
- 1 5 a , 1 6 a ベース電極部
- 1 5 b , 1 6 b 電極指
- 2 1 弾性波素子
- 2 2 水晶基板
- 2 3 励振電極
- 2 4 裏面電極
- 2 5 , 2 6 I D T 電極
- 2 5 a , 2 6 a ベース電極部
- 2 5 b , 2 6 b 電極指
- 3 1 振動部
- 3 2 保持部
- 3 3 , 3 4 側壁部
- 3 5 開口部
- 3 6 凹部

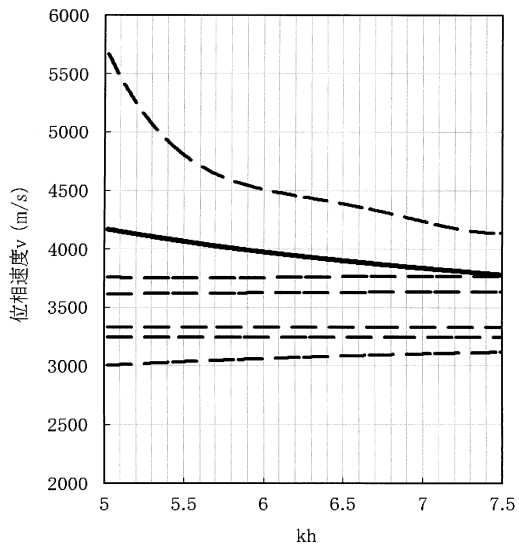
【 図 1 】



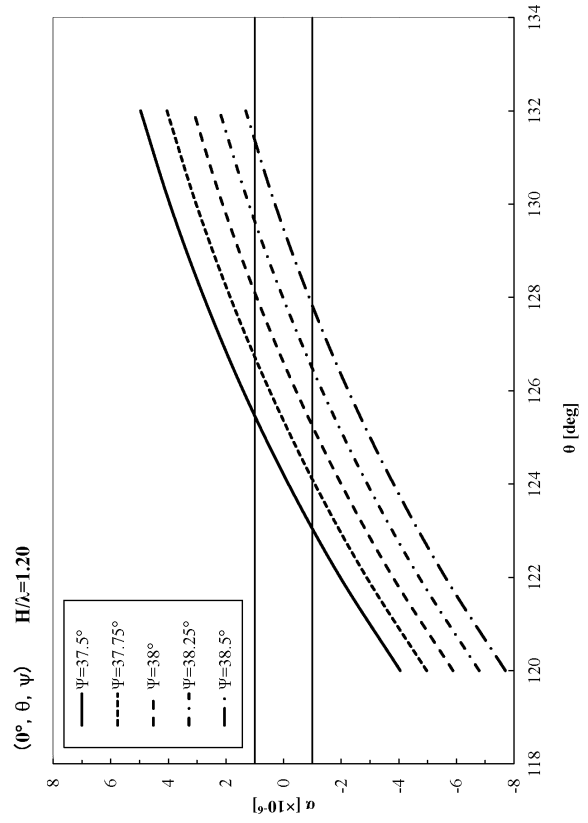
【 図 2 】



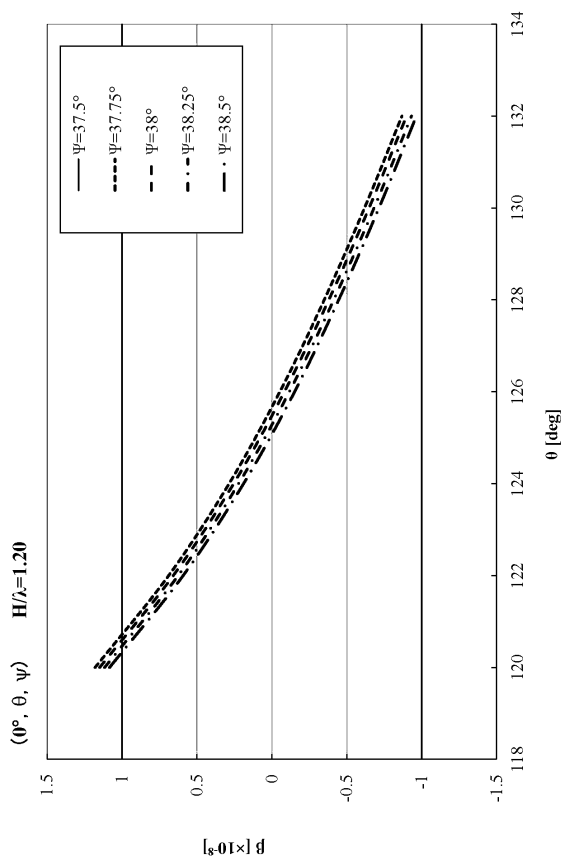
【 図 3 】



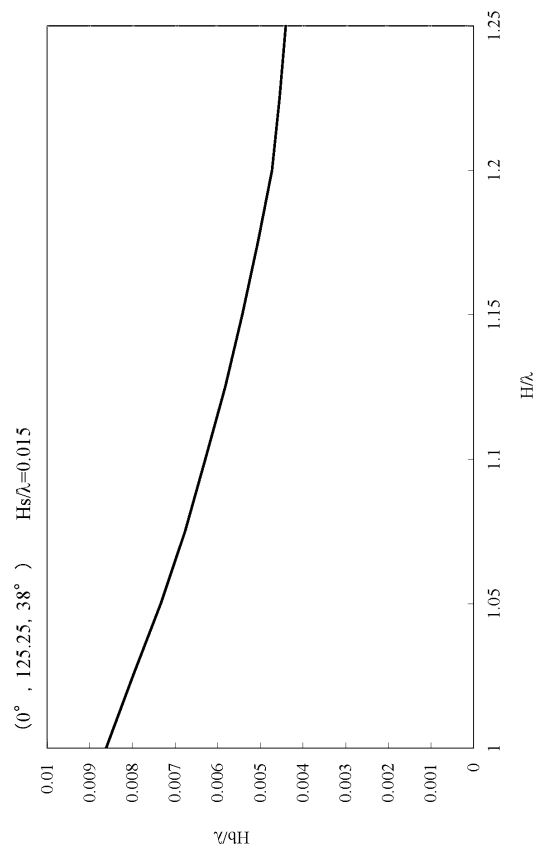
【 図 4 】



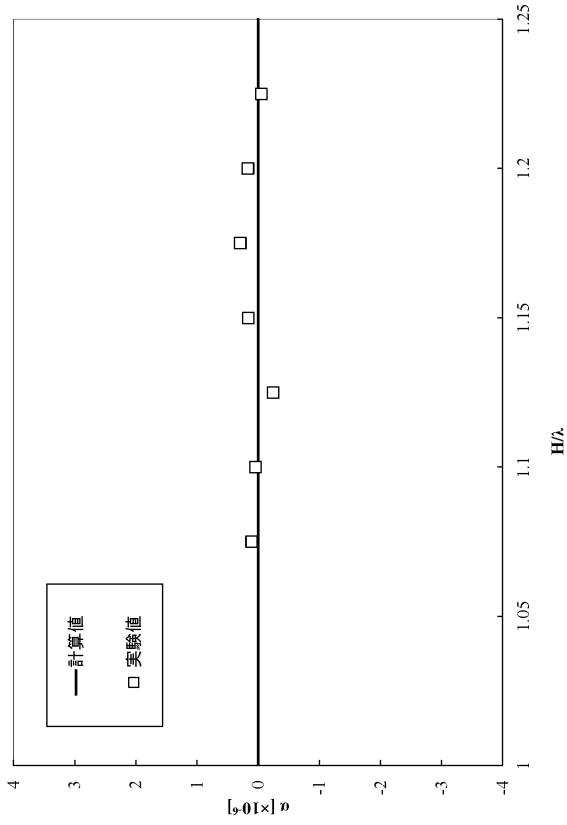
【 図 5 】



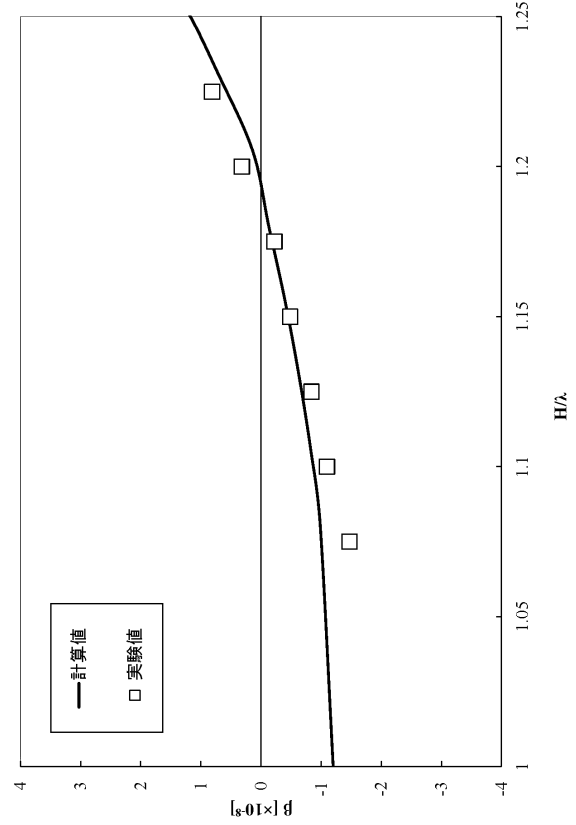
【 図 6 】



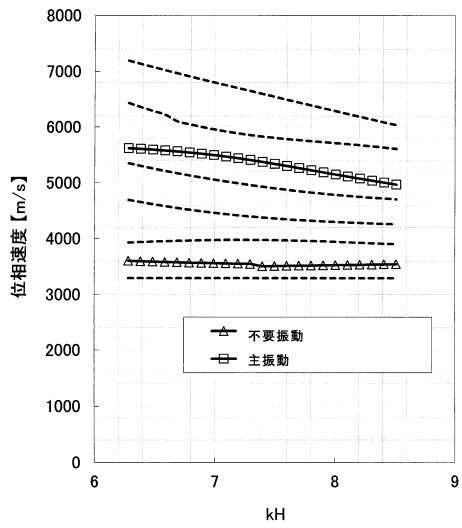
【 図 7 】



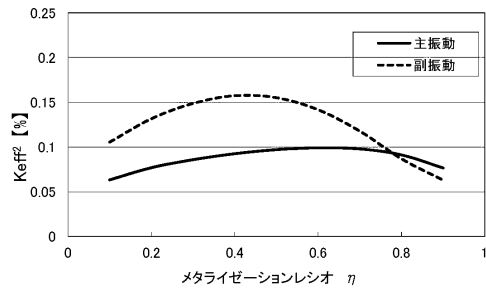
【 図 8 】



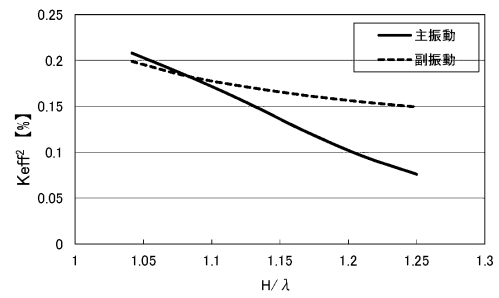
【 図 9 】



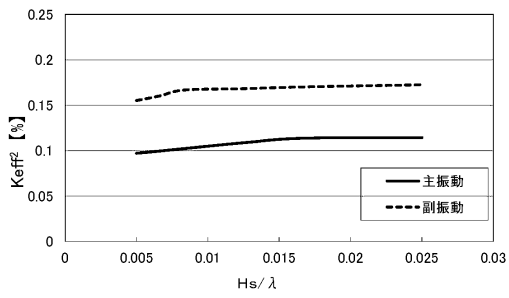
【 図 10 】



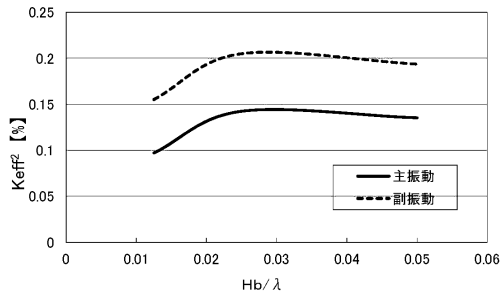
【 図 11 】



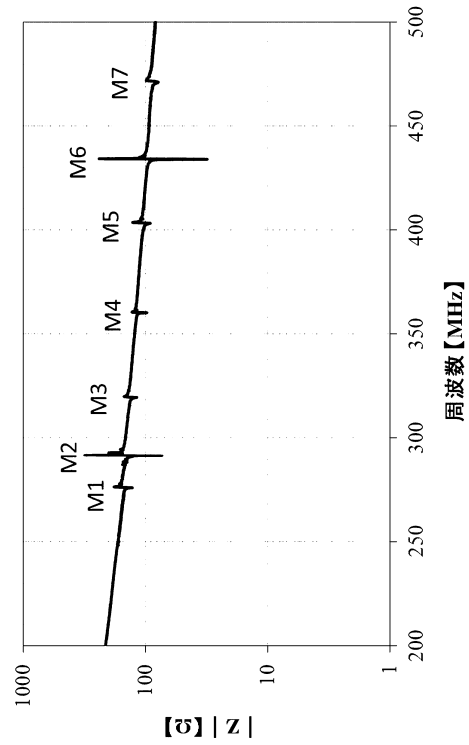
【図12】



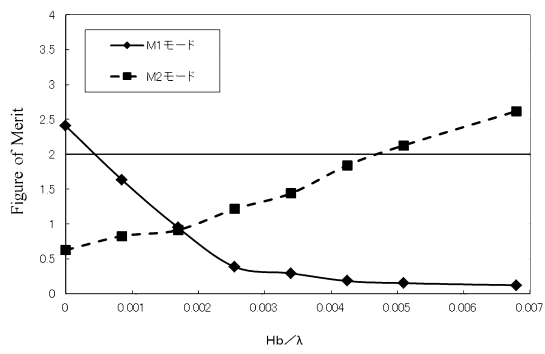
【図13】



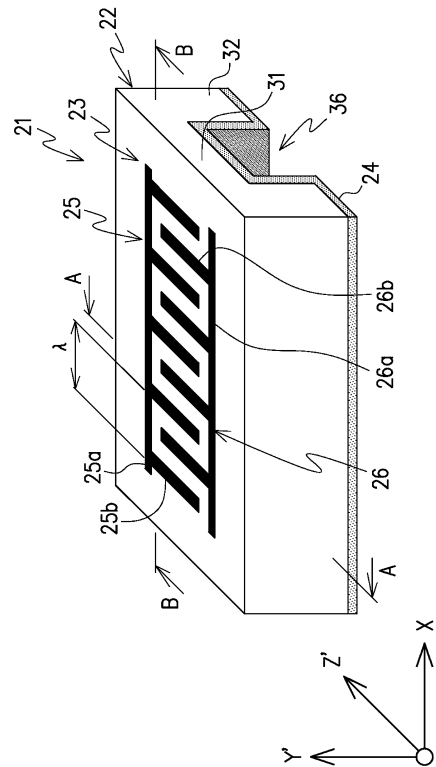
【図14】



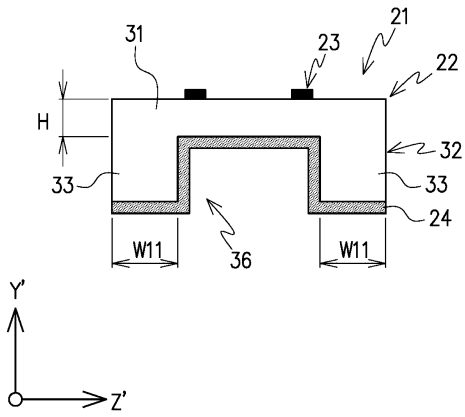
【図15】



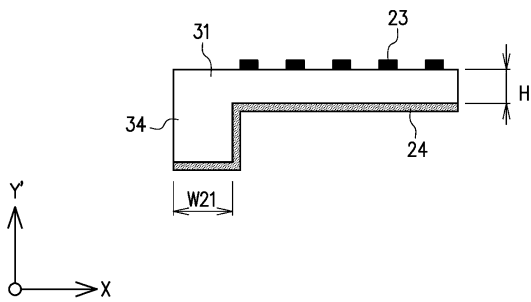
【図16】



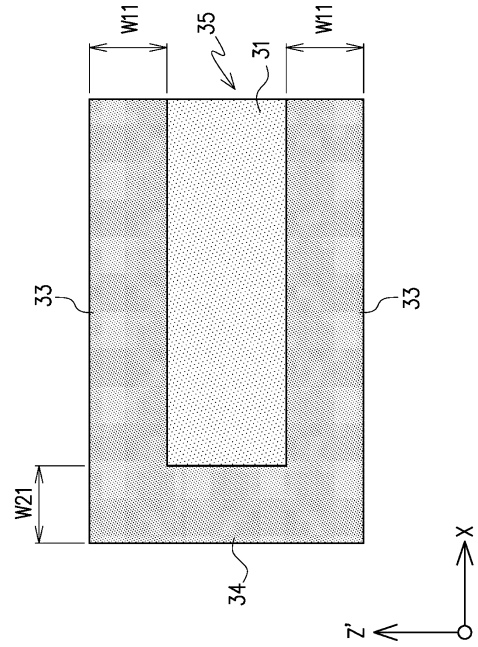
【 図 17 】



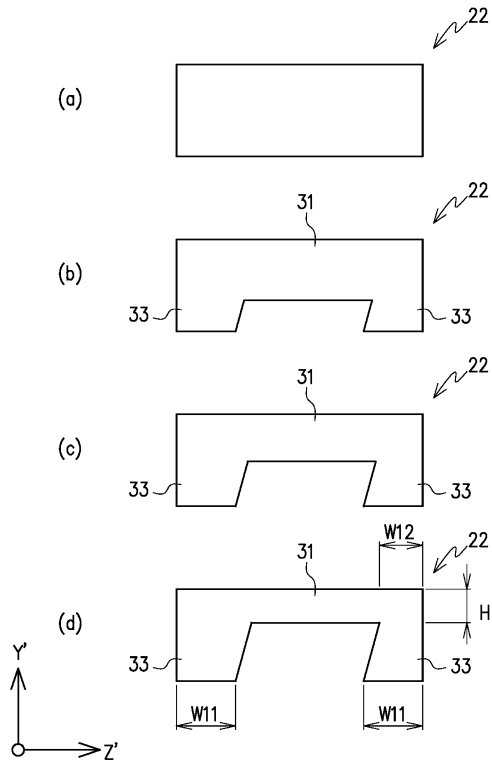
【 図 18 】



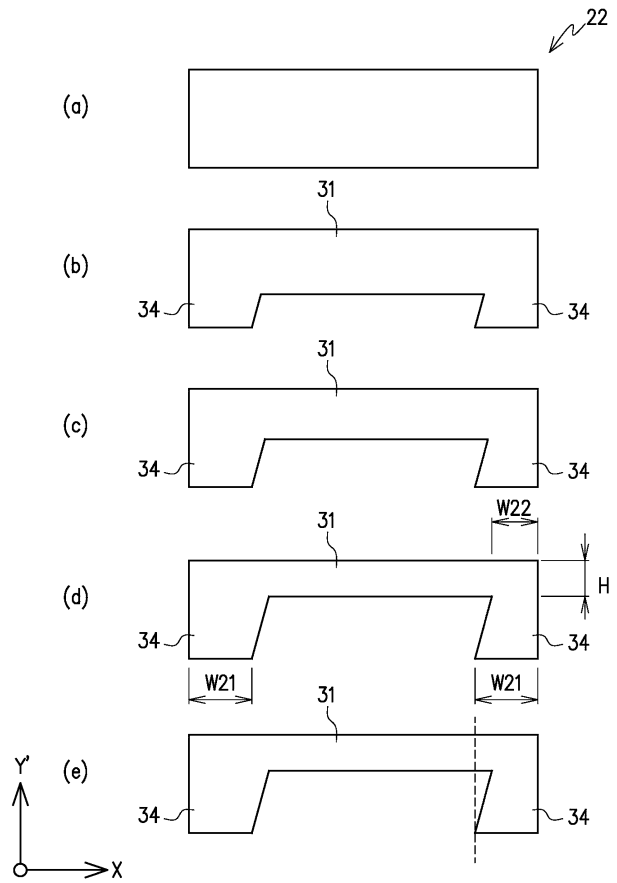
【 図 19 】



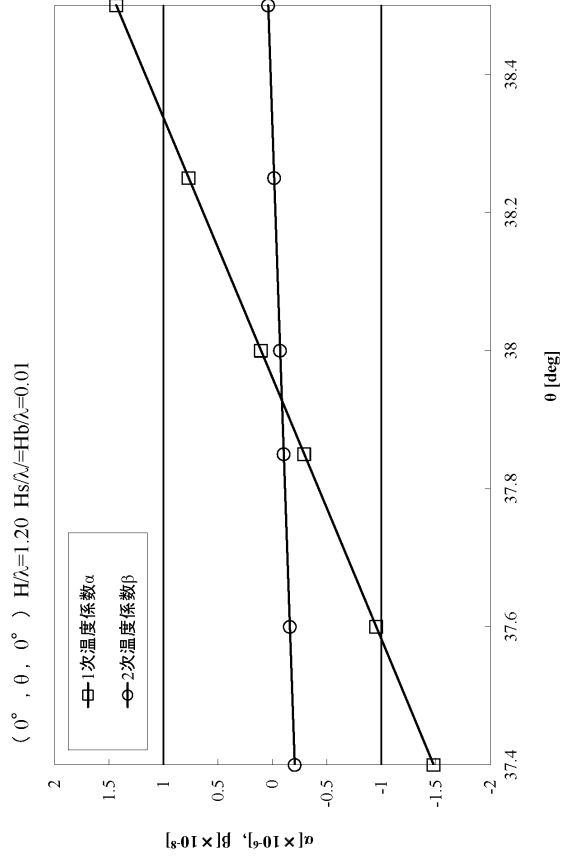
【 図 20 】



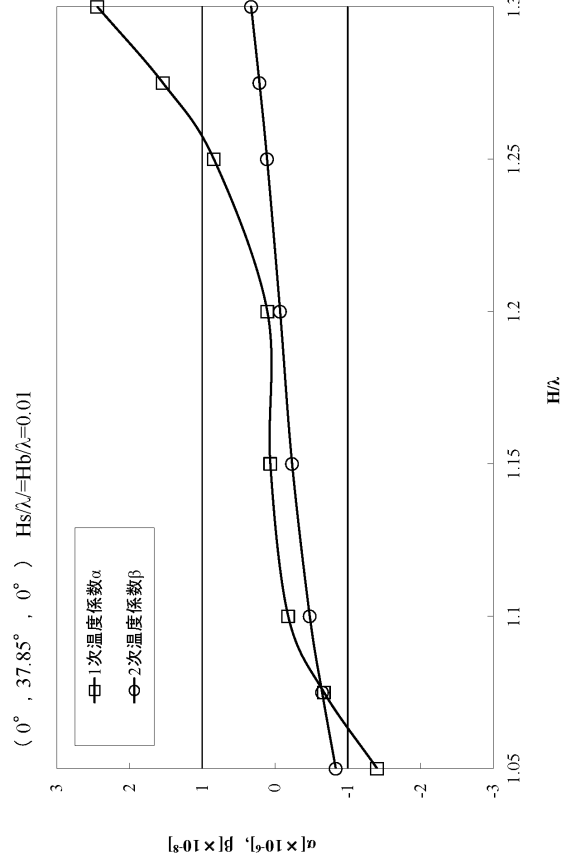
【 図 21 】



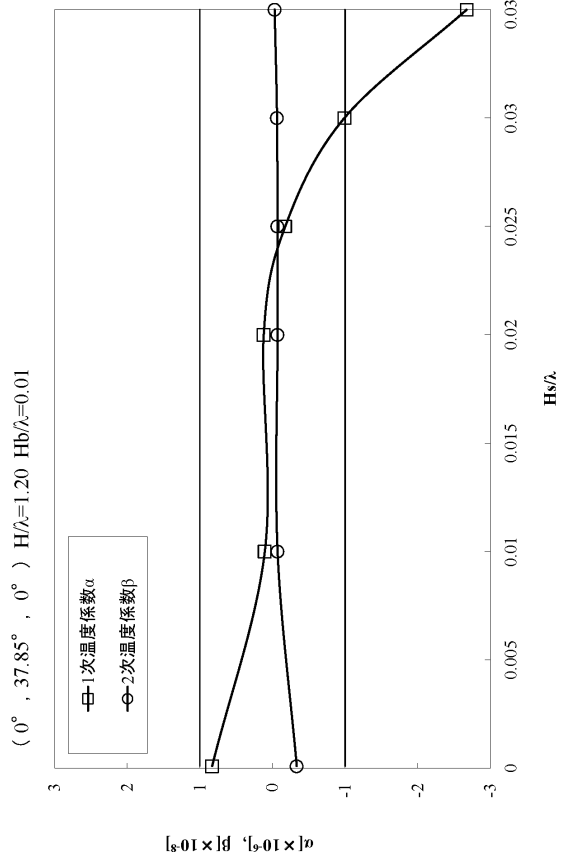
【図 2 2】



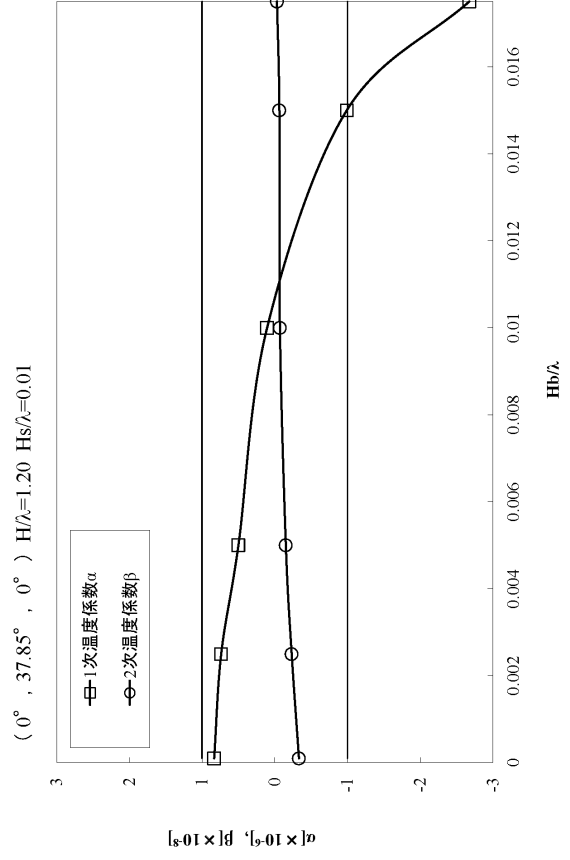
【図 2 3】



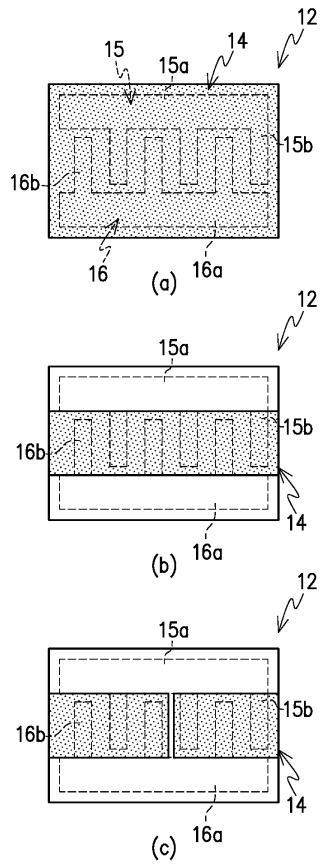
【図 2 4】



【図 2 5】



【 図 26 】



---

フロントページの続き

早期審査対象出願

- (56)参考文献 特開2011-259348(JP,A)  
特開2002-152007(JP,A)  
特開2008-098974(JP,A)  
特開2010-103803(JP,A)  
国際公開第2005/099089(WO,A1)  
特開2006-217566(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H 9/25  
H03H 9/145