

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-288652

(P2008-288652A)

(43) 公開日 平成20年11月27日(2008.11.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/145 (2006.01)	H03H 9/145 C	5J097
H03H 9/25 (2006.01)	H03H 9/25 C	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2007-128868 (P2007-128868)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成19年5月15日 (2007. 5. 15)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
		(74) 代理人	100095728
			弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(74) 代理人	100127661
			弁理士 宮坂 一彦
		(72) 発明者	田中 悟
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	5J097 AA06 AA14 BB02 EE09 GG02 GG07 KK06

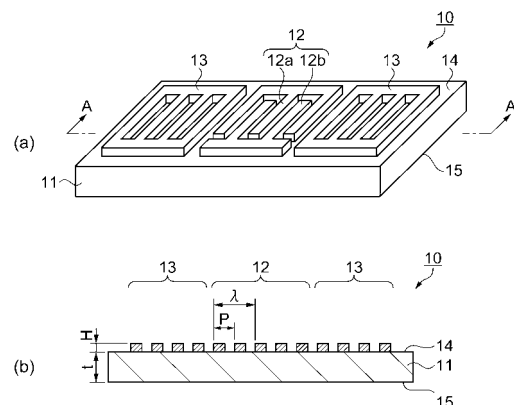
(54) 【発明の名称】 SH型バルク波共振子

(57) 【要約】

【課題】電気機械結合係数 K^2 が大きくスプリアスが少ないSH型バルク波共振子を提供する。

【解決手段】水晶基板のカット面および弾性波伝搬方向をオイラー角表示で(0° , ,)とするととき、 が約 $+90^\circ$ または約 -90° である前記水晶基板に少なくとも一つのIDT電極を配置してなるSH型バルク波共振子であって、前記IDT電極がアルミニウムであって、オイラー角表示の前記角度 が 0° 95° または 151° 180° であり、前記水晶基板の厚みを t 、前記弾性波の波長を λ としたとき、規格化基板厚み t/λ が $t/\lambda > 4$ とする。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水晶基板のカット面および弾性波伝搬方向をオイラー角表示で(0°, ,)とするとき、 が約+90度または約-90度である前記水晶基板に少なくとも一つのIDT電極を配置してなるSH型バルク波共振子であって、

前記IDT電極がアルミニウムであって、

オイラー角表示の前記角度 が0° 95°または151° 180°であり

、
前記水晶基板の厚みをt、前記弾性波の波長を としたとき、規格化基板厚みt/ がt/ 4であることを特徴とするSH型バルク波共振子。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のSH型バルク波共振子において、

前記規格化基板厚みt/ がt/ 1.275であって、

前記IDT電極の膜厚をHとしたときの規格化電極厚みH/ が0.0001 H/ < 0.04であって、かつオイラー角表示の前記角度 が次式、

$$116.667 \times (H/)^2 - 28.833 \times (H/) + 39.3 \quad 80.0 \\ 0 \times (H/)^2 - 25.6 \times (H/) + 40.14$$

を満足することを特徴とするSH型バルク波共振子。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のSH型バルク波共振子において、

前記規格化基板厚みt/ がt/ > 0、前記IDT電極の膜厚をHとしたときの規格化電極厚みH/ が0.04 H/ 0.05であって、かつオイラー角の が次式、

$$116.667 \times (H/)^2 - 28.833 \times (H/) + 39.3 \quad 80.0 \\ 0 \times (H/)^2 - 25.6 \times (H/) + 40.14$$

を満足することを特徴とするSH型バルク波共振子。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、SH型バルク波を用いたSH型バルク波共振子に関する。

【背景技術】

30

【0002】

弾性波デバイスにおいて、レイリー波、漏洩弾性表面波、擬似縦波型漏洩弾性表面波などの表面波とは異なり、基板内部を伝搬するバルク波としてラム波が知られている。ラム波は、IDT電極により励振される波長に対し基板厚みを非常に薄くする(伝搬させる波の数波長以下)ことで、伝搬する波が基板の上下面での反射を繰り返して進行する板波である。

特許文献1にはATカット水晶基板を用い、基板の厚さが5波長以下のラム波型高周波共振器が開示されている。ラム波の伝搬可能なモードは、特許文献1の分散曲線にあるように基板厚み方向の波数が共振条件を満たすモードであり、基本波モードに高次モードも含め多数のモードが存在する。存在するモードの位相速度はレイリー波以上であり、縦波以上の位相速度をもったモードも多数存在している。このラム波の位相速度が大きいモードを用いることで、表面波と比べて同じIDT電極の線幅でも高周波化が可能である。さらに、ラム波では電気機械結合係数 K^2 がレイリー波などの表面波に比べて大きいという特徴がある。

40

【0003】

【特許文献1】特開2003-258596号公報(図2参照)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に記載のラム波を利用した弾性波デバイスでは伝搬可能なモ

50

ードが多数存在してスプリアスが発生しやすく、異常発振などの問題がある。

さらに、特許文献 1 には弾性波の伝搬方向を X 軸に直角な方向 (90° X 伝播) とした弾性波の記載があるが、AT カット水晶基板に限定しているため、電気機械結合係数 K^2 が大きくなるような最適設計はされていない。

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は電気機械結合係数 K^2 が大きく、スプリアスが少ない SH 型バルク波共振子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、本発明は水晶基板のカット面および弾性波伝搬方向をオイラー角表示で (0°, ,) とするとき、 が約 +90 度または約 -90 度である前記水晶基板に少なくとも一つの IDT 電極を配置してなる SH 型バルク波共振子であって、前記 IDT 電極がアルミニウムであって、オイラー角表示の前記角度 が 0° 95° または 151° 180° であり、前記水晶基板の厚みを t 、前記弾性波の波長をとしたとき、規格化基板厚み t/λ が $t/\lambda = 4$ であることを特徴とする。

10

【0006】

オイラー角 (0°, ,) で表される水晶基板上に、弾性波伝搬方向である角度 が約 ±90 度である IDT 電極が配置され、規格化基板厚み $t/\lambda = 4$ とすることで SH 型バルク波を励振することができる。また、 が約 ±90 度であることで、 が 0 度のときに励振される多数のラム波を無くすことができ、スプリアスの発現を抑圧することができる。

20

そして、 が 0° 95° または 151° 180° の範囲であることで、表面波より電気機械結合係数 K^2 が大きく 4500 m/s までの位相速度の SH 型バルク波を利用することができる。

このように、本発明によれば電気機械結合係数 K^2 が大きく、スプリアスが少ない SH 型バルク波共振子を提供することができる。

【0007】

本発明では、前記規格化基板厚み t/λ が $t/\lambda = 1.275$ であって、前記 IDT 電極の膜厚を H としたときの規格化電極厚み H/λ が $0.0001 < H/\lambda < 0.04$ であって、かつオイラー角表示の前記角度 が次式、 $116.667 \times (H/\lambda)^2 - 28.833 \times (H/\lambda) + 39.380.00 \times (H/\lambda)^2 - 25.6 \times (H/\lambda) + 40.14$ 、を満足することが望ましい。

30

【0008】

この構成によれば、規格化基板厚み $t/\lambda = 1.275$ 、規格化電極厚み H/λ が $0.0001 < H/\lambda < 0.04$ であることで、ST カット水晶基板を用いたレイリー波の電気機械結合係数 K^2 の 0.1 より大きい範囲を規定することができる。

そして、オイラー角 (0°, , 90°) の が、上記の式の範囲であることで、周波数温度特性の良好な範囲を規定することができる。この周波数温度特性は ST カット水晶基板を用いたレイリー波における周波数変動量約 140 ppm (-40 ~ +90 の間) よりも小さい変動量を得ることができる。

40

【0009】

本発明では、前記規格化基板厚み t/λ が $t/\lambda > 0$ 、前記 IDT 電極の膜厚を H としたときの規格化電極厚み H/λ が $0.04 < H/\lambda < 0.05$ であって、かつオイラー角の が次式、 $116.667 \times (H/\lambda)^2 - 28.833 \times (H/\lambda) + 39.380.00 \times (H/\lambda)^2 - 25.6 \times (H/\lambda) + 40.14$ を満足することが望ましい。

【0010】

この構成によれば、規格化基板厚み $t/\lambda > 0$ 、規格化電極厚み H/λ が $0.04 < H/\lambda < 0.05$ であることで、ST カット水晶基板を用いたレイリー波の電気機械結合係数 K^2 の 0.1% より大きい範囲を規定することができる。

そして、オイラー角 (0°, , 90°) の が、上記の式の範囲であることで、周波数温度特性の良好な範囲を規定することができる。この周波数温度特性は ST カット水晶

50

基板を用いたレイリー波における周波数変動量約 140 ppm ($-40 \sim +90$ の間) よりも小さい変動量を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明を具体化した実施形態について図面に従って説明する。

(実施形態)

【0012】

図1は本実施形態のSH型バルク波共振子の構成を示す構成図であり、図1(a)は模式斜視図、図1(b)は同図(a)のA-A断線に沿う模式断面図である。

SH型バルク波共振子10は、矩形状の水晶基板11にIDT電極12と反射器13が備えられている。水晶基板11は表裏に主面14, 15を有し、一方の主面14にIDT電極12と反射器13が形成されている。IDT電極12は、アルミニウムで形成され、交差指電極12a, 12bが交互に挿間されて、それぞれに逆相の電圧が印加されることでSH型バルク波を励振できるように構成されている。そして、IDT電極12を両側から挟むように反射器13が形成され、IDT電極12から伝播されたSH型バルク波を反射器13で反射させてIDT電極12が形成された水晶基板11の中央部にエネルギーを閉じ込める役目を果たしている。なお、反射器13もIDT電極12と同様にアルミニウムで形成されている。

【0013】

IDT電極12における交差指電極12aと交差指電極12b間の距離は等間隔にピッチPにて形成され、励振されるSH型バルク波の波長 $\lambda = 2P$ の関係にある。また、IDT電極12は膜厚Hに形成されている。水晶基板11の厚みtはSH型バルク波の4波長(4 λ)以下の厚みに設定されている。

ここでSH型バルク波とは、変位が弾性波伝搬方向と垂直かつ基板表面に平行な変位を主成分とし、薄い基板内を進行する波である。

【0014】

次に、水晶基板11のカット面およびSH型バルク波の伝搬方向を特定するためのオイラー角(α , β , γ)について説明する。

図2はオイラー角について説明する模式図である。図2のように、水晶の結晶軸をX軸(電気軸)、Y軸(機械軸)、Z軸(光軸)とすると、Z軸を中心としてX軸をY軸側へ角度 α だけ回転させて、これをX'軸とする。次にX'軸を中心としてZ軸を反時計回りに角度 β だけ回転させ、これをZ'軸とする。このZ'軸を法線としてX'軸を含む面方位でカットし、基板とする。そして、この面方位にカットした基板において、Z'軸を中心としてX'軸を反時計回りに角度 γ だけ回転させた軸をX''軸とし、このX''軸を弾性表面波伝搬方向とする。このとき、カット面及び弾性表面波伝搬方向をオイラー角(α , β , γ)と表示する。

【0015】

本実施形態では、オイラー角(α , β , γ)における角度 α が 0° 、角度 β が約 90° としている。角度 γ は 90° に限定されるものではなく、 $90^\circ \pm 5^\circ$ の範囲にあればSH型バルク波共振子を構成できることが発明者により確認されている。

また、角度 γ については+方向(反時計方向)に回転した場合と-方向(時計方向)に回転した場合とでは、その示す特性は同一であり、それぞれ等価な角度であると言える。

なお、オイラー角(0° , β , 0°)における水晶基板では主にラム波が励振され、オイラー角(0° , β , 90°)における水晶基板では主にSH型バルク波が励振される。

【0016】

続いてオイラー角(0° , β , 90°)における、共振子にて励振される弾性波のモード分布について説明する。

図3および図4はオイラー角(0° , β , 90°)のラム波、SH型バルク波のモード分布をシミュレーションしたグラフである。両図ともに、縦軸に弾性波の位相速度、横軸にオイラー角の β を採って表示している。

10

20

30

40

50

図 3 は電気機械結合係数 $K^2 = 0$ における弾性波の位相速度を示す。この場合、ラム波と S H 型バルク波が混在している。

次に、図 4 に電気機械結合係数 $K^2 > 0$ における弾性波のモード分布を示す。この場合、グラフに表示されているモードは S H 型バルク波だけである。弾性波の伝搬方向を X 軸に直角な方向とする 90° X 伝播にすることにより、実際にはラム波は K^2 が 0 であるために励振されず、S H 型バルク波のみが励振されることがわかる。

また、弾性波の伝搬方向を 90° X 伝播にすることにより多数のラム波モードが減り、大幅にスプリアスを抑圧できる。ここで、位相速度が遅い順に 0 次モード（基本波）の位相速度、1 次モードの位相速度、2 次モードのそれと高次のモードのそれを示す。

【0017】

10

ここで、低周波帯の S H 型バルク波共振子を考えた場合、位相速度が遅いほど I D T 電極の交差指電極幅を小さくすることができ、共振子の小型化が可能である。また、一般的に、S T カット水晶基板を用いたレイリー波の反射器の反射係数に比べ、S H 波を用いた場合の反射係数は大きく、反射器の導体本数を減らすことができ、4500 m/s までの位相速度においても十分に共振子の小型化を達成できる。

図 4 から基本波の位相速度が 4500 m/s 以下となるのは 0° 、 95° 、 151° 、 180° の範囲である。

【0018】

20

図 5 は S H 型バルク波の規格化基板厚みに対する位相速度変化を示すグラフである。このグラフは縦軸に位相速度、横軸に規格化基板厚み t/λ を採って表示している。なお、水晶基板の厚みを t 、S H 型バルク波の波長を λ としたとき、水晶基板の厚みを S H 型バルク波の波長で除した値を規格化基板厚み t/λ とする。

図 5 において、位相速度が遅い順に 0 次モード（基本波）の位相速度、1 次モードの位相速度、2 次モードのそれと高次のモードのそれを示す。図 5 から、水晶基板の厚み t を厚くすると S H 型バルク波の高次モードが基本波に接近し密集状態となる。このことから、スプリアスとなる高次モードが基本波に隣接しないように規格化基板厚み $t/\lambda = 4$ が望ましい。

また、基本波では水晶基板の厚み t を変化させても位相速度がほとんど変化しないため、水晶基板加工での厚みばらつきに対する周波数変化が非常に少なく、周波数の合わせこみが容易で、製造歩留りが向上できる。

30

【0019】

図 6 は $\theta = 39^\circ$ とした S H 型バルク波の基本波における規格化基板厚み t/λ に対する電気機械結合係数 K^2 の変化を示すグラフである。なお、I D T 電極の膜厚を H としたとき、I D T 電極の膜厚を S H 型バルク波の波長で除した値を規格化電極厚み H/λ とし、 $H/\lambda = 0.0001$ 、 0.01 、 0.02 、 0.03 、 0.04 、 0.05 、のそれぞれについて示している。

このグラフより、電気機械結合係数 K^2 が S T カット水晶基板を用いレイリー波を利用した場合の電気機械結合係数 K^2 (0.1%) より大きくなるのは、規格化電極厚み H/λ が $0.0001 < H/\lambda < 0.04$ の範囲で規格化基板厚み t/λ は $t/\lambda = 1.275$ である。また、もう一つの範囲として、電気機械結合係数 K^2 が 0.1% より大きくなるのは、規格化電極厚み H/λ が $0.04 < H/\lambda < 0.05$ の範囲で規格化基板厚み t/λ は $t/\lambda > 0$ である。

40

【0020】

図 7 は S H 型バルク波の基本波における規格化基板厚み $t/\lambda = 0.4$ としたときの規格化電極厚み $H/\lambda = 0.0001$ 、 0.02 、 0.05 のときの、オイラー角 (0° 、 90°) に対する周波数変動量 ($-40 \sim +90$ 間) を示すグラフである。

このグラフから、S T カット水晶基板を用いレイリー波を利用した場合の周波数変動量 (140 ppm) より小さくなる範囲が存在することがわかる。また、規格化電極厚み H/λ を大きくするとその範囲は小さくなる方へシフトする。

【0021】

50

図 8 は本実施形態の S H 型バルク波共振子が $-40 \sim +90$ 間において、周波数変動量が 140 ppm より小さくなるオイラー角 (0° , , 90°) と規格化電極厚み H/t の範囲を示すグラフである。このグラフでは $t/H = 0.4$ とし、 $H/t = 0.05$ の範囲について表示している。

このグラフの斜線で示した範囲が、 $-40 \sim +90$ 間において周波数変動量が 140 ppm より小さくなる と規格化電極厚み H/t の範囲である。

上記の範囲となるオイラー角の を規格化電極厚み H/t を用いて表すと式 (1) のように表すことができる。

$$116.667 \times (H/t)^2 - 28.833 \times (H/t) + 39.380.00 \times (H/t)^2 - 25.6 \times (H/t) + 40.14 \cdots \text{式 (1)}$$

10

【0022】

次に、上記の範囲 (図 8 の斜線で示した範囲) における温度変化による周波数変動量、および電気機械結合係数 K^2 について説明する。

図 9 は規格化基板厚み t/H に対する周波数変動量の変化の一例を示すグラフである。ここで周波数変動量は $-40 \sim +90$ 間の変動量であり、グラフに表示した水準は、図 8 の黒丸印で示した水準である。

このグラフから図 8 の斜線範囲内の と H/t の条件で、S T カット水晶基板を用いレイリー波を利用した場合に対して、周波数変動量が約 $100 \text{ ppm} \sim 76 \text{ ppm}$ と小さく、温度特性が良好であることがわかる。

【0023】

20

図 10 は規格化基板厚み $t/H = 0.4$ とし、規格化電極厚み $H/t = 0.0001, 0.02, 0.05$ のときのオイラー角 (0° , , 90°) に対する電気機械結合係数 K^2 の変化を示すグラフである。

このグラフより、規格化電極厚み $H/t = 0.0001, 0.02, 0.05$ のそれぞれが S T カット水晶基板を用いレイリー波を利用した場合の電気機械結合係数 K^2 (0.1%) より十分大きいことがわかる。

【0024】

以上、本実施形態の S H 型バルク波共振子は、オイラー角 (0° , ,) で表される水晶基板上に、弾性波伝搬方向である角度 が約 90 度である I D T 電極が配置され、規格化基板厚み $t/H = 4$ とすることで S H 型バルク波を励振することができる。このとき、 が約 90 度であることで、 が 0 度のときに励振される多数のラム波モードを無くすことができ、スプリアスの発現を抑圧することができる。

30

そして、 が $0^\circ \sim 95^\circ$ または $151^\circ \sim 180^\circ$ であることで、表面波より電気機械結合係数 K^2 が大きく 4500 m/s までの位相速度の S H 型バルク波を利用することができる。

このように、本発明によれば電気機械結合係数 K^2 が大きく、スプリアスが少ない S H 型バルク波共振子を提供することができる。

また、規格化基板厚み $t/H = 1.275$ 、規格化電極厚み H/t が $0.0001 \sim H/t < 0.04$ であることで、S T カット水晶基板を用いたレイリー波の電気機械結合係数 K^2 の 0.1% より大きい範囲を規定することができる。

40

同様に、規格化基板厚み $t/H > 0$ 、規格化電極厚み H/t が $0.04 \sim H/t = 0.05$ であることで、S T カット水晶基板を用いたレイリー波の電気機械結合係数 K^2 の 0.1 より大きい範囲を規定することができる。

そして、オイラー角 (0° , , 90°) の が、前述の式 (1) の範囲であることで、周波数温度特性の良好な範囲を規定することができる。この周波数温度特性は S T カット水晶基板を用いたレイリー波における周波数変動量約 140 ppm ($-40 \sim +90$ の間) よりも小さい変動量を得ることができる。

【0025】

なお、本発明の S H 型バルク波共振子は、発振器、フィルタなどの弾性波デバイスとして利用することが可能である。

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 6 】

【図 1】本実施形態の S H 型バルク波共振子の構成を示す構成図であり、(a) は模式斜視図、(b) は同図 (a) の A - A 断線に沿う模式断面図。

【図 2】オイラー角について説明する模式図。

【図 3】オイラー角 (0° , \quad , 90°) のラム波、S H 型バルク波のモード分布をシミュレーションしたグラフ。

【図 4】オイラー角 (0° , \quad , 90°) のラム波、S H 型バルク波のモード分布をシミュレーションしたグラフ。

【図 5】S H 型バルク波の規格化基板厚みに対する位相速度変化を示すグラフ。

10

【図 6】S H 型バルク波の基本波における規格化基板厚みに対する電気機械結合係数の変化を示すグラフ。

【図 7】規格化電極厚みに対応するオイラー角の \quad と周波数変動量を示すグラフ。

【図 8】周波数変動量が 1 4 0 p p m より小さくなる \quad と規格化電極厚み H/t の範囲を示すグラフ。

【図 9】規格化基板厚み t/λ に対する周波数変動量の変化を示すグラフ。

【図 10】規格化電極厚み $H/t = 0.0001$ 、 0.02 、 0.05 のときのオイラー角の \quad に対する電気機械結合係数 K^2 の変化を示すグラフ。

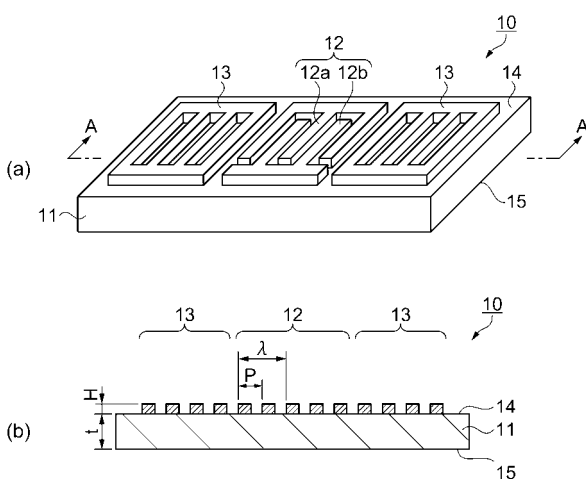
【符号の説明】

【 0 0 2 7 】

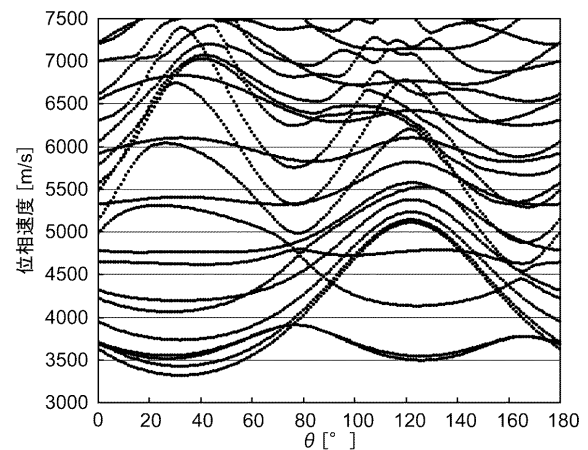
1 0 ... S H 型バルク波共振子、1 1 ... 水晶基板、1 2 ... I D T 電極、1 2 a , 1 2 b ... 交差指電極、1 3 ... 反射器、H ... I D T 電極の膜厚、P ... ピッチ、t ... 水晶基板の厚み、 λ ... 波長。

20

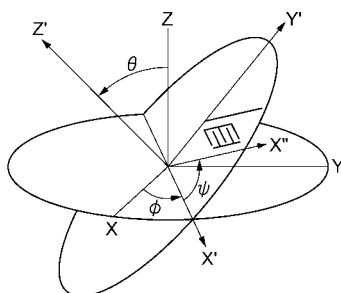
【図 1】



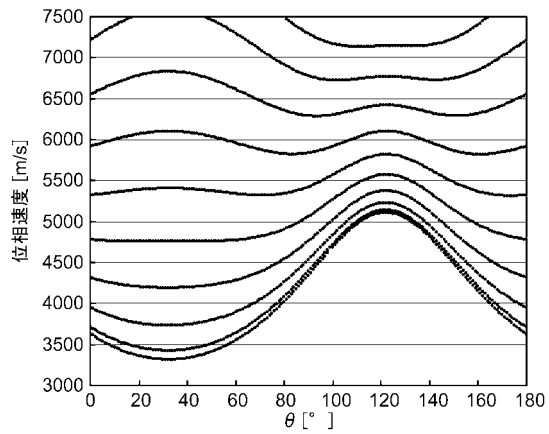
【図 3】



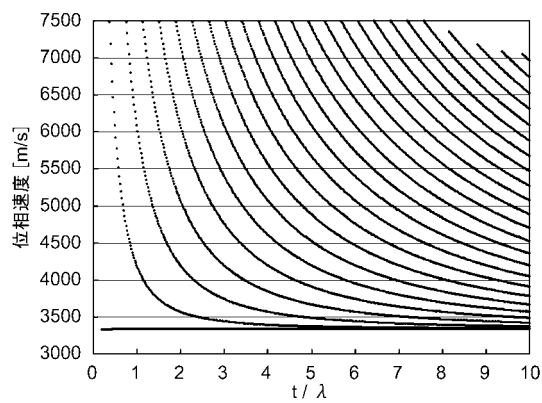
【図 2】



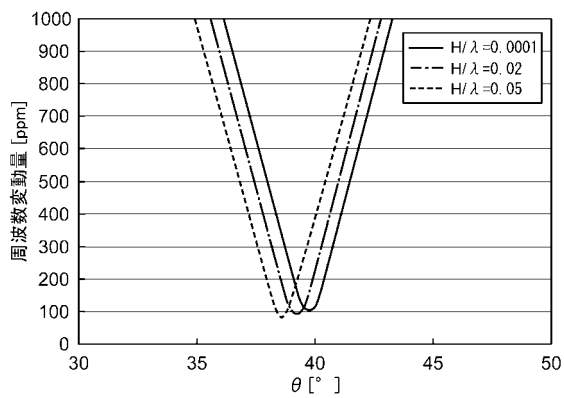
【図 4】



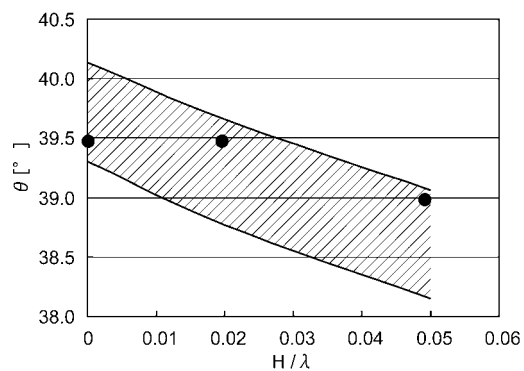
【図 5】



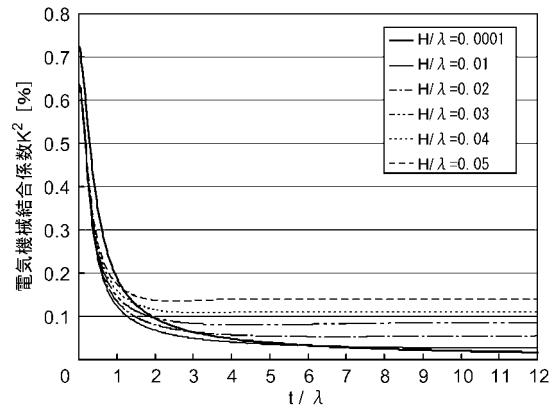
【図 7】



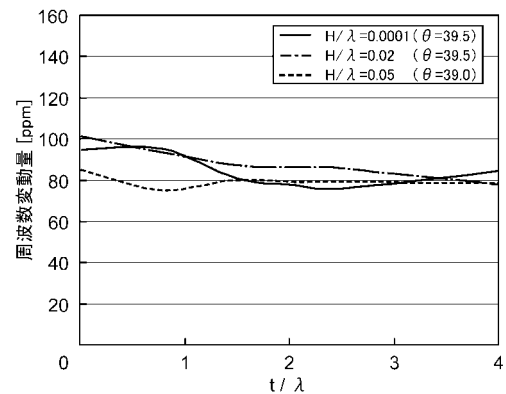
【図 8】



【図 6】



【図 9】



【図 10】

