

(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2007-288812

(P2007-288812A)

(43) 公開日 平成19年11月1日(2007.11.1)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/145 (2006.01)	H03H 9/145 C	5J079
H03H 9/25 (2006.01)	H03H 9/25 C	5J097
H03H 3/08 (2006.01)	H03H 9/25 Z	
H03H 9/64 (2006.01)	H03H 3/08	
H03B 5/30 (2006.01)	H03H 9/64 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2007-187896 (P2007-187896)	(71) 出願人	000003104
(22) 出願日	平成19年7月19日 (2007.7.19)		エプソントヨコム株式会社
(62) 分割の表示	特願2006-228768 (P2006-228768)		東京都日野市日野421-8
原出願日	平成18年8月25日 (2006.8.25)	(74) 代理人	100095728
(31) 優先権主張番号	特願2005-288987 (P2005-288987)		弁理士 上柳 雅誉
(32) 優先日	平成17年9月30日 (2005.9.30)	(74) 代理人	100107261
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 須澤 修
		(74) 代理人	100127661
			弁理士 宮坂 一彦
		(72) 発明者	大脇 卓弥
			東京都日野市日野421-8 エプソント
			ヨコム株式会社内
		(72) 発明者	三井 雄治
			東京都日野市日野421-8 エプソント
			ヨコム株式会社内
			最終頁に続く

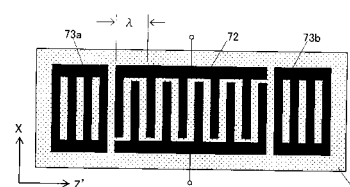
(54) 【発明の名称】 弾性表面波デバイス、モジュール装置、発振回路および弾性表面波デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 水晶基板を用いた表面波デバイスであり、小型で、Q値が大きく、周波数エージング特性の優れたSH波型SAWデバイスを得る。

【解決手段】 圧電基板と、該圧電基板上に形成されA1を主成分とする合金からなるIDT電極とを備え、励振波をSH波とした弾性表面波デバイスであって、前記圧電基板は、回転Yカット水晶基板のカット角 θ を $-64.0^\circ < \theta < -49.3^\circ$ の範囲に設定し、且つ、弾性表面波の伝搬方向を結晶X軸に対し $90^\circ \pm 5^\circ$ とした水晶平板であり、励振する弾性表面波の波長を λ とした時、前記IDT電極の波長で基準化した電極膜厚 H/λ を $0.04 < H/\lambda < 0.12$ としたSH波型弾性表面波デバイスにおいて、前記圧電基板はウエットエッチングにより形成されたエッチング痕を有しており、前記IDT電極が前記圧電基板の前記エッチング痕を有する表面に形成されているSH波型弾性表面波デバイス。

【選択図】 図13



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電基板と、該圧電基板上に形成され Al 又は Al を主成分とする合金からなる IDT 電極とを備え、励振波を SH 波とした弾性表面波デバイスであって、

前記圧電基板は、回転 Y カット水晶基板のカット角 θ を結晶 Z 軸より反時計方向に $-64.0^\circ < \theta < -49.3^\circ$ の範囲に設定し、且つ、弾性表面波の伝搬方向を結晶 X 軸に対し $90^\circ \pm 5^\circ$ とした水晶平板であり、且つ、前記圧電基板の表面にウエットエッチングにより形成された一方から他方にはしるエッチング痕を有しており、

励振する弾性表面波の波長を λ とした時、前記 IDT 電極の波長で基準化した電極膜厚 H/λ を $0.04 < H/\lambda < 0.12$ とし、

前記 IDT 電極が前記圧電基板の前記エッチング痕を有する表面に形成されていることを特徴とする SH 波型弾性表面波デバイス。

10

【請求項 2】

前記弾性表面波デバイスは、カット角 θ 及び電極膜厚 H/λ の関係が、 $-1.34082 \times 10^{-4} \times \theta^3 - 2.34969 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 1.37506 \times \theta - 26.7895 < H/\lambda < -1.02586 \times 10^{-4} \times \theta^3 - 1.73238 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.977607 \times \theta - 18.3420$ を満足していることを特徴とした請求項 1 に記載の SH 波型弾性表面波デバイス。

【請求項 3】

前記 IDT 電極を構成する電極指の電極指幅 P (電極指幅 + 電極指間のスペース) をライン占有率 m_r とした時に、カット角 θ 及び電極膜厚とライン占有率の積 $H/\lambda \times m_r$ の関係が、 $-8.04489 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.40981 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.825038 \times \theta - 16.0737 < (H/\lambda) \times m_r < -6.15517 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.03943 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.586564 \times \theta - 11.0052$ を満足していることを特徴とした請求項 1 に記載の SH 波型弾性表面波デバイス。

20

【請求項 4】

圧電基板と、該圧電基板上に形成され Al 又は Al を主成分とする合金からなる IDT 電極とを備え、励振波を SH 波とした弾性表面波デバイスであって、

前記圧電基板は、回転 Y カット水晶基板のカット角 θ を結晶 Z 軸より反時計方向に $-61.4^\circ < \theta < -51.1^\circ$ の範囲に設定し、且つ、弾性表面波の伝搬方向を結晶 X 軸に対し $90^\circ \pm 5^\circ$ とした水晶平板であり、且つ、前記圧電基板の表面にウエットエッチングにより形成された一方から他方にはしるエッチング痕を有しており、

30

励振する弾性表面波の波長を λ とした時、前記 IDT 電極の波長で基準化した電極膜厚 H/λ を $0.05 < H/\lambda < 0.10$ とし、

前記 IDT 電極が前記圧電基板の前記エッチング痕を有する表面に形成されていることを特徴とする SH 波型弾性表面波デバイス。

【請求項 5】

前記弾性表面波デバイスは、カット角 θ 及び電極膜厚 H/λ の関係が、 $-1.44605 \times 10^{-4} \times \theta^3 - 2.50690 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 1.45086 \times \theta - 27.9464 < H/\lambda < -9.87591 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.70304 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.981173 \times \theta - 18.7946$ を満足していることを特徴とした請求項 4 に記載の SH 波型弾性表面波デバイス。

【請求項 6】

前記 IDT 電極を構成する電極指の電極指幅 P (電極指幅 + 電極指間のスペース) をライン占有率 m_r とした時に、カット角 θ 及び電極膜厚とライン占有率の積 $(H/\lambda) \times m_r$ の関係が、 $-8.67632 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.50414 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.870514 \times \theta - 16.7678 < (H/\lambda) \times m_r < -5.92554 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.02183 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.588704 \times \theta - 11.2768$ を満足していることを特徴とした請求項 4 に記載の SH 波型弾性表面波デバイス。

40

【請求項 7】

前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板上に IDT 電極を少なくとも 1 個配置した 1 ポートの弾性表面波共振子であることを特徴とした請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の SH 波型弾性表面波デバイス。

【請求項 8】

50

前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板の弾性表面波の伝搬方向に沿ってＩＤＴ電極を少なくとも２個配置した２ポートの弾性表面波共振子であることを特徴とした請求項１乃至６のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイス。

【請求項９】

前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板の弾性表面波の伝搬方向に対して複数個の弾性表面波共振子を平行に近接配置した横結合型多重モードフィルタであることを特徴とした請求項１乃至６のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイス。

【請求項１０】

前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板の弾性表面波の伝搬方向に沿って複数個のＩＤＴ電極からなる２ポートの弾性表面波共振子を配置した縦結合型多重モードフィルタであることを特徴とした請求項１乃至６のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイス。 10

【請求項１１】

前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板上に複数個のＳＨ波型弾性表面波共振子を梯子状に接続したラダー型弾性表面波フィルタあることを特徴とした請求項１乃至６のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイス。

【請求項１２】

前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板上に弾性表面波を双方向に伝搬させるＩＤＴ電極を所定の間隔を空けて複数個配置したトランスバーサルＳＡＷフィルタであることを特徴とした請求項１乃至６のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイス。 20

【請求項１３】

前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板上に弾性表面波を一方向に伝搬させるＩＤＴ電極を少なくとも１つ配置したトランスバーサルＳＡＷフィルタであることを特徴とした請求項１乃至６のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイス。

【請求項１４】

前記弾性表面波デバイスは、弾性表面波センサであることを特徴とした請求項１乃至６のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイス。

【請求項１５】

前記弾性表面波デバイスは、ＩＤＴ電極の両側にグレーティング反射器を有することを特徴とした請求項１乃至１４のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイス。 30

【請求項１６】

請求項１乃至１５のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイスを用いたことを特徴とするモジュール装置。

【請求項１７】

請求項１乃至１５のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイスを用いたことを特徴とする発振回路。

【請求項１８】

前記圧電基板の主表面をウエットエッチングして該主表面に一方から他方にはしるエッチング痕を形成する工程と、

エッチングした前記圧電基板の主表面に前記ＩＤＴ電極を形成する工程と、 40

を有することを特徴とする請求項１乃至１５のいずれか一項に記載のＳＨ波型弾性表面波デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、弾性表面波デバイス（ＳＡＷデバイス）に関し、特にエージング特性を改善したＳＨ波型表面波デバイスとその製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、ＳＡＷデバイスは通信分野で広く利用され、高性能、小型、量産性等の優れた特 50

徴を有することから特に携帯電話、LAN等に多く用いられている。STカット水晶基板（結晶軸Xを回転軸としてXZ面（Y面）を結晶軸Zより反時計方向に 42.75° 回転した水晶基板）上をX軸方向に伝搬するレイリー波（（P+SV）波）を用いて構成するSAWデバイスが広く用いられてきた。STカット水晶SAWデバイスの1次温度係数は零であるものの、2次温度係数は約 $-0.034(\text{ppm}/^\circ\text{C}^2)$ と比較的大きく、広温度範囲の使用では周波数変動量が大きくなるという問題があった。

【0003】

この問題を解決するものとして、Meirion Lewis, "Surface Skimming Bulk Wave, SSBW", IEEE Ultrasonics Symp. Proc., pp.744~752 (1977)や、特公昭62-016050号公報等が開示されたSAWデバイスがある。このSAWデバイスは、図20(a)に示すように回転Yカット水晶基板のカット角を結晶軸Zより反時計方向に -50° 回転（回転後の基板の軸をそれぞれX、Y'、Z'軸とする）し、X軸に対して垂直な方向（Z'軸方向）に伝搬するSH波を利用して構成したSH波型SAWデバイスである。なお、このカット角をオイラー角で表示すると $(0^\circ, +90^\circ, 90^\circ) = (0^\circ, 40^\circ, 90^\circ)$ と表示できる。図20(b)は、回転Yカット水晶基板81の主表面上にZ'軸に沿ってIDT電極82と、その両側にグレーティング反射器83a、83bとを配置して構成したSH波型SAW共振子である。このSH波型SAW共振子は、圧電基板81の表面直下を伝搬するSH波型表面波をIDT電極82によって励起し、その振動エネルギーを電極（82、83a、83b）直下に閉じ込めて、共振子を構成するものである。一般に、SH波型SAW共振子の周波数温度特性は、広温度範囲でみると3次曲線を呈し、良好な周波数温度特性が得られる。

【0004】

しかし、このSH波型表面波は本質的に基板内部を潜って進んでいく波（SSBW）であるため、STカット水晶板に励起されるレイリー波のように圧電基板表面に沿って伝搬するSAWデバイスと比較して、グレーティング反射器による弾性表面波の反射効率が悪く、小型で、且つ高いQ値を有するSH波型SAWデバイスを実現することが難しいという問題があった。

この問題を解決すべく、特公平01-034411号公報（特許文献2）では、図21に示すようにカット角が -50° である回転Yカット水晶基板81上を、Z'軸方向に伝搬するSH波型表面波を用いたSAW共振子が開示されている。IDT電極84を800対 \pm 200対とし、グレーティング反射器を用いることなく、IDT電極84の電極指からの反射だけでSH波型表面波の振動エネルギーを閉じ込め、高Q化を図った所謂多対IDT電極型SAW共振子である。

【0005】

しかし、この多対IDT電極型SAW共振子は、グレーティング反射器を用いたSTカット水晶SAW共振子（レイリー波型）と比較してエネルギー閉じ込め効果が小さく、高いQ値を得るにはIDT電極対数が800対 \pm 200対と非常に多くの対数を必要とする。そのため、STカット水晶SAW共振子よりも基板が大きくなり、ひいてはデバイスサイズが大きくなって、最近の小型化の要求に応えることができないという問題があった。

【0006】

また、特許文献2に開示されているSAW共振子では、IDT電極によって励振されるSH波型表面波の電極周期（波長）をとしたとき、電極膜厚を2%以上、好ましくは4%以下とすることによりQ値を高めることができると記されている。例えば周波数を200MHzとした場合、基準化電極膜厚 H/λ （伝搬するSAWの波長を λ とし、電極膜厚Hを波長 λ で基準化した値、単に電極膜厚ともいう）が4%付近でQ値が飽和し、STカット水晶SAW共振子と比較してもほぼ同等のQ値しか得られてない。この原因として、基準化電極膜厚が2%以上、4%以下の膜厚では、SH波型表面波が圧電基板表面に閉じ込められず、十分な反射効率が得られないため、Q値が大きくなりえないものと考えられる。

【0007】

10

20

30

40

50

S A Wデバイスの高周波化と共に良好な周波数エージング特性が強く求められ、エージング特性、耐電力特性の改善に関する多くの提案がなされた。特開平5 - 199062号公報(特許文献3)もその1つであり、該公報によると、周波数エージング特性を改善するには、水晶基板上に形成したアルミニウム電極の単結晶化が必要であるという。アルミニウム電極を単結晶化する条件は、水晶基板の表面状態と、アルミニウム成膜前の基板表面の汚染防止にあると記されている。

【0008】

水晶基板は、水晶ブロックから回転Y板のSTカット水晶基板(33度STカット水晶基板)を切断し、両面を所定の厚さまでラッピング研磨し、続いて表面をポリッシュする。最後にポリッシュで発生した水晶基板表面の加工変質層の除去および応力解放のためエッチングを行う。水晶基板のエッチング加工は弗酸あるいは弗化アンモニウムの混合液等のエッチング液に浸すことにより、水晶基板の表面を0.1μmから2μm程度エッチングする。すると、基板表面は微小な半球状の島がほぼ均一に存在している島状構造となり、この島の直径は10nm(ナノメートル)から100nmで、高さは約1nmから20nmの半球状をしている。また、隣接する島と島の間隔は約10nmから数十nm程度である。エッチングの時間、エッチング液の濃度により表面状態が変化するので、条件管理が必要であるという。

10

【0009】

もう一方の水晶基板の清浄化技術は、エッチングから成膜装置に取り付ける時間をできるだけ短縮すること、時間をおいて成膜装置に取り付ける場合は、イソプロピルアルコールの蒸気乾燥、あるいはイソプロピルアルコールに浸漬した後、遠心分離による液切り法などにより表面を疎水性にしておく。それに、真空装置のチャンバ内の壁面から放出されたガスに基板表面が汚染されないように、排気系はクライオ冷却式にする。また、チャンバは成膜用チャンバと、基板の出し入れ用のチャンバの複数に分け、成膜チャンバが大気にさらされなくなり、基板表面の汚染が少なくなる。

20

【0010】

従来技術により製作されたアルミニウム膜と、新たな技術により製作されたアルミニウム膜の評価に関し、X線回折装置による回折特性図と、電子顕微鏡による膜の粒子観察、さらにアルミニウム膜を400℃に加熱処理し、その表面の状態を顕微鏡で観察することにより、行ったと記されている。新しい技術を用いて成膜したアルミニウム膜のロックン

30

【0011】

従来技術で成膜したS A W共振子と、新しい技術を用いて成膜したS A W共振子にそれぞれ約20ミリワットの電力を印加し、経時変化による周波数変化を測定したところ、新しい技術を用いたS A W共振子は1000時間後の変化が-数ppmなのに対し、従来技術のものは-数十ppmから-100ppm以上と極めて大きかったという。

【0012】

W000/24123号公報には、Y板をX軸の周りに10~60°回転して得られる回転Y板のSTカット水晶基板上に形成したアルミニウム電極に関して記述されている。測定解析技術の進歩により、従来、単結晶と理解されていたアルミニウム膜の解釈が少し変化しているものと思われる。この公報の開示によると、アルミニウムの層は多結晶であり、結晶粒界が双晶粒界(隣り合う結晶粒同士が双晶の関係にある結晶粒界)となっている。これによりS A W共振子は長期間使用しても周波数が変化しにくいという。その理由として、アルミニウムの層が多結晶であると、粒界エネルギーが生じる。従来のアルミニウム膜のように、多結晶で構成されており、且つこの多結晶を構成する各結晶の配向がランダムであると、粒界エネルギーが大きくなる。粒界エネルギーが大きくなると電極膜に振動が加えられた場合に、結晶が少しずつ移動することになる。このため、このような電極膜に長時間振動が加わると、電極膜が経時劣化し、周波数が変動すると考えられるという。

40

【 0 0 1 3 】

一方、本発明のように、アルミニウム膜を構成する結晶の結晶粒界が双晶粒界であると、即ち隣り合う結晶粒同士が双晶の関係にあると、粒界エネルギーが小さくなり、電極膜に長期間の振動が加えられてもアルミニウム膜を構成する粒子の移動はしにくい。それ故、長期間使用した場合でも経時変化しにくいと考えられるという。

S A W共振子の断面の観察としては、透過型電子顕微鏡 (T E M) を用いてアルミニウム膜の粒界の界面が双晶粒界であることを確認したと記している。また、電子線回折で写した写真により双晶を確認したという。

【 0 0 1 4 】

【特許文献 1】特公昭 6 2 - 0 1 6 0 5 0 号公報

【特許文献 2】特公平 0 1 - 0 3 4 4 1 1 号公報

【特許文献 3】特開平 5 - 1 9 9 0 6 2 号公報

【特許文献 4】W O 0 0 / 2 4 1 2 3 号公報

【非特許文献 1】Meirion Lewis, "Surface Skimming Bulk Wave, SSBW", IEEE Ultrasonics Symp. Proc., pp.744 ~ 752 (1977)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 5 】

しかしながら、特許文献 3、4 には、Y 板を X 軸の周りに - 5 0 ° 回転して得られる S H 波用水晶基板上に形成する S H 波型 S A W デバイスについて、何ら記述されてなく、S H 波用水晶基板をどの程度エッチングし、どのようにアルミニウム電極を形成すれば、+ 1 2 5 の雰囲気中で + 1 0 d B m の電力を印加して行う高温動作エージングに要求されるエージング規格 (1 例として 1 0 0 0 時間で 1 0 p p m 以下) に適合できるかについては何ら記述がなく、S H 波型 S A W デバイスの諸パラメータをどのように設定すべきか、手がかりが無いという問題があった。

【 0 0 1 6 】

本発明は、エージング特性の良好な S H 波型 S A W デバイスを提供することを目的とする。

また本発明は、この S H 波型 S A W デバイスの製造方法を提供するとともに、この S H 波型 S A W デバイスを用いたモジュール装置および発振回路を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

上記課題を解決するために本発明に係る弾性表面波デバイスは、圧電基板と、該圧電基板上に形成され A l 又は A l を主成分とする合金からなる I D T 電極とを備え、励振波を S H 波とした弾性表面波デバイスであって、前記圧電基板は、回転 Y カット水晶基板のカット角 を結晶 Z 軸より反時計方向に - 6 4 . 0 ° < < - 4 9 . 3 ° の範囲に設定し、且つ、弾性表面波の伝搬方向を結晶 X 軸に対し 9 0 ° ± 5 ° とした水晶平板であり、且つ、前記圧電基板の表面にエッチングにより形成された一方から他方にはしるエッチング痕を有しており、励振する弾性表面波の波長を とした時、前記 I D T の波長で基準化した電極膜厚 H / λ を $0.04 < H / \lambda < 0.12$ とし、前記 I D T 電極が前記圧電基板の前記エッチング痕を有する表面に形成されている S H 波型弾性表面波デバイスであることを特徴とする。なお、このエッチングは、ウェットエッチングが好ましい。

【 0 0 1 8 】

また本発明に係る弾性表面波デバイスは、圧電基板と、該圧電基板上に形成され A l 又は A l を主成分とする合金からなる I D T 電極とを備え、励振波を S H 波とした弾性表面波デバイスであって、前記圧電基板は、回転 Y カット水晶基板のカット角 を結晶 Z 軸より反時計方向に - 6 4 . 0 ° < < - 4 9 . 3 ° の範囲に設定し、且つ、弾性表面波の伝搬方向を結晶 X 軸に対し 9 0 ° ± 5 ° とした水晶平板であり、励振する弾性表面波の波長を とした時、前記 I D T 電極の波長で基準化した電極膜厚 H / λ を $0.04 < H / \lambda <$

10

20

30

40

50

0.12とし、前記圧電基板の主表面を0.002μm以上の厚さでエッチングしたSH波型弾性表面波デバイスであることを特徴とする。

【0019】

また前記弾性表面波デバイスは、カット角 θ 及び電極膜厚 H/λ の関係が、 $-1.34082 \times 10^{-4} \times \theta^3 - 2.34969 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 1.37506 \times \theta - 26.7895 < H/\lambda < -1.02586 \times 10^{-4} \times \theta^3 - 1.73238 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.977607 \times \theta - 18.3420$ を満足していることを特徴としたSH波型弾性表面波デバイスである。

【0020】

また前記弾性表面波デバイスは、前記IDT電極を構成する電極指の電極指幅 p (電極指幅 + 電極指間のスペース) をライン占有率 m_r とした時に、カット角 θ 及び電極膜厚とライン占有率の積 $(H/\lambda) \times m_r$ の関係が、 $-8.04489 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.40981 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.825038 \times \theta - 16.0737 < (H/\lambda) \times m_r < -6.15517 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.03943 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.586564 \times \theta - 11.0052$ を満足していることを特徴としたSH波型弾性表面波デバイスである。

【0021】

また本発明に係る弾性表面波デバイスは、圧電基板と、該圧電基板上に形成されAl又はAlを主成分とする合金からなるIDT電極とを備え、励振波をSH波とした弾性表面波デバイスであって、前記圧電基板は、回転Yカット水晶基板のカット角 θ を結晶Z軸より反時計方向に $-61.4^\circ < \theta < -51.1^\circ$ の範囲に設定し、且つ、弾性表面波の伝搬方向を結晶X軸に対し $90^\circ \pm 5^\circ$ とした水晶平板であり、且つ、前記圧電基板の表面にウェットエッチングにより形成された一方から他方にはしるエッチング痕を有しており、励振する弾性表面波の波長を λ とした時、前記IDT電極の波長で基準化した電極膜厚 H/λ を $0.05 < H/\lambda < 0.10$ とし、前記IDT電極が前記圧電基板の前記エッチング痕を有する表面に形成されているSH波型弾性表面波デバイスであることを特徴とする。

【0022】

また前記弾性表面波デバイスは、カット角 θ 及び電極膜厚 H/λ の関係が、 $-1.44605 \times 10^{-4} \times \theta^3 - 2.50690 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 1.45086 \times \theta - 27.9464 < H/\lambda < -9.87591 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.70304 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.981173 \times \theta - 18.7946$ を満足していることを特徴としたSH波型弾性表面波デバイスである。

【0023】

また前記弾性表面波デバイスは、前記IDT電極を構成する電極指の電極指幅 p (電極指幅 + 電極指間のスペース) をライン占有率 m_r とした時に、カット角 θ 及び電極膜厚とライン占有率の積 $(H/\lambda) \times m_r$ の関係が、 $-8.67632 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.50414 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.870514 \times \theta - 16.7678 < (H/\lambda) \times m_r < -5.92554 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.02183 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.588704 \times \theta - 11.2768$ を満足していることを特徴としたSH波型弾性表面波デバイスである。

【0024】

また前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板上にIDT電極を少なくとも1個配置した1ポートの弾性表面波共振子であることを特徴としたSH波型弾性表面波デバイスである。

【0025】

また前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板の弾性表面波の伝搬方向に沿ってIDT電極を少なくとも2個配置した2ポートの弾性表面波共振子であることを特徴としたSH波型弾性表面波デバイスである。

【0026】

また前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板の弾性表面波の伝搬方向に対して複数個の弾性表面波共振子を平行に近接配置した横結合型多重モードフィルタであることを特徴としたSH波型弾性表面波デバイスである。

【0027】

また前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板の弾性表面波の伝搬方向に沿って複数個のＩＤＴ電極からなる２ポートの弾性表面波共振子を配置した縦結合型多重モードフィルタであることを特徴としたＳＨ波型弾性表面波デバイスである。

【００２８】

また前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板上に複数個のＳＨ波型弾性表面波共振子を梯子状に接続したラダー型弾性表面波フィルタあることを特徴としたＳＨ波型弾性表面波デバイスである。

【００２９】

また前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板上に弾性表面波を双方向に伝搬させるＩＤＴ電極を所定の間隔を空けて複数個配置したトランスバーサルＳＡＷフィルタであることを特徴としたＳＨ波型弾性表面波デバイスである。 10

【００３０】

また前記弾性表面波デバイスは、前記圧電基板上に弾性表面波を一方向に伝搬させるＩＤＴ電極を少なくとも１つ配置したトランスバーサルＳＡＷフィルタであることを特徴としたＳＨ波型弾性表面波デバイスである。

【００３１】

また前記弾性表面波デバイスは、弾性表面波センサであることを特徴としたＳＨ波型弾性表面波デバイスである。

【００３２】

また前記弾性表面波デバイスは、ＩＤＴ電極の両側にグレーティング反射器を有することを特徴としたＳＨ波型弾性表面波デバイスである。 20

【００３３】

また本発明に係るモジュール装置や本発明に係る発振回路は、前述したＳＨ波型弾性表面波デバイスを用いたことを特徴としている。

【００３４】

また本発明に係る表面波デバイスの製造方法は、前述したＳＨ波型弾性表面波デバイスを製造する方法であり、ＡｌまたはＡｌを主成分とする合金を成膜する前に、水晶基板の主表面をウエットエッチングして該主表面に一方から他方にはしるエッチング痕を形成することを特徴としたＳＨ波型表面波デバイスの製造方法である。すなわち本発明に係る表面波デバイスの製造方法は、前記圧電基板の主表面をウエットエッチングして該主表面に一方から他方にはしるエッチング痕を形成する工程と、エッチングした前記圧電基板の主表面に前記ＩＤＴ電極を形成する工程とを有することを特徴としている。 30

また本発明に係る表面波デバイスの製造方法は、前記圧電基板の主表面を０．００２μｍ以上０．１μｍ未満の厚さでエッチングする工程と、エッチングした前記圧電基板の主表面に前記ＩＤＴ電極を形成する工程とを有することを特徴としている。

【００３５】

本発明のＳＡＷデバイスは、カット角 θ が $-64.0^\circ < \theta < -49.3^\circ$ 、好ましくは $-61.4^\circ < \theta < -51.1^\circ$ の範囲にある回転Ｙカット水晶基板を用い、ＳＡＷの伝搬方向が結晶Ｘ軸に対して $90^\circ \pm 5^\circ$ として励振されるＳＨ波を用い、ＩＤＴ電極やグレーティング反射器の電極材料をＡｌまたはＡｌを主とした合金にて構成し、波長で基準化した電極膜厚 H/λ を $0.04 < H/\lambda < 0.12$ 、好ましくは $0.05 < H/\lambda < 0.10$ とすることで、本来基板内部に潜って進んでいく波を基板表面に集中させてグレーティング反射器等により表面波の反射を効率良く利用できるようにし、更に前記水晶基板を $0.002\mu\text{m}$ 以上エッチングしたので、小型でＱ値が高く、且つ周波数エージング特性が優れたＳＨ波型ＳＡＷデバイスを提供することができる。なおカット角 θ が $-64.0^\circ < \theta < -49.3^\circ$ 、好ましくは $-61.4^\circ < \theta < -51.1^\circ$ の範囲にある回転Ｙカット水晶基板を用いているので、この水晶基板のエッチング量を $0.1\mu\text{m}$ 未満にすることができ、エッチングが短時間で終わる。 40

【００３６】

そして電極膜厚 H/λ とカット角 θ の条件を満足することにより、頂点温度 T_p () 50

を実用的な温度範囲内に設定し、周波数エージング特性が優れたＳＨ波型ＳＡＷデバイスとすることができる。

【００３７】

また電極膜厚とライン占有率の積（ H/λ ） $\times m r$ とカット角 θ の条件を満足することにより、頂点温度 T_p （ $^{\circ}C$ ）を実用的な温度範囲内に設定し、周波数エージング特性が優れたＳＨ波型ＳＡＷデバイスとすることができる。

【００３８】

また種々の方式のＳＡＷデバイスを用いれば、小型でＱ値が高く、且つ周波数エージング特性が優れたＳＨ波型ＳＡＷデバイスを提供することができる。

【００３９】

またＳＡＷデバイスは、ＩＤＴ電極の両側にグレーティング反射器を配置してＳＡＷのエネルギーを前記ＩＤＴ電極内に十分閉じ込めることができるので、小型でＱ値が高く、周波数エージング特性が優れたＳＨ波型ＳＡＷデバイスを提供することができる。

【００４０】

そして本発明のモジュール装置、又は発振回路は、本発明のＳＨ波型ＳＡＷデバイスを用いているので小型で高性能で、周波数エージング特性が優れたモジュール装置、又は発振回路を提供することができる。

【００４１】

また本発明の製造方法は、ＳＨ波型弾性表面波デバイスを製造する方法において、ＡｌまたはＡｌを主成分とする合金を成膜する前に、水晶基板の主表面をエッチングする製造方法を示したもので、エージング特性の良好なＳＨ波型表面波デバイスを製造することが容易となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００４２】

本発明を説明する前に、本発明の元になった特願２００４－３１０４５２号について説明する。ＳＨ波型表面波は、図１（ａ）に示すようにＹカット水晶基板の回転角 θ を結晶軸Ｚより反時計方向に約－５０°とし、結晶軸Ｘに対し９０°±５°方向に伝搬するＳＨ波型の表面波である。図１（ｂ）はＳＨ波型ＳＡＷ共振子であって、水晶基板１の主面上にＺ'軸方向に沿ってＩＤＴ電極２を配置すると共に、該ＩＤＴ電極２の両側にグレーティング反射器３ａ、３ｂを配設してＳＨ波型ＳＡＷ共振子を構成する。ＩＤＴ電極２は互いに間挿し合う複数の電極指を有する一対の櫛形電極より構成され、それぞれの櫛形電極よりリード電極を伸ばす。

【００４３】

ＩＤＴ電極２、グレーティング反射器３ａ、３ｂの電極材料はアルミニウム（Ａｌ）又はＡｌを主成分とする合金とし、ＩＤＴ電極２、グレーティング反射器３ａ、３ｂの電極膜厚 H をＳＨ波型表面波の波長 λ で基準化した H/λ を基準化電極膜厚、ＩＤＴ電極２を構成する電極指幅を L 、電極指幅 L と電極指間のスペース S との和を $(L+S)$ としたとき、 $L/(L+S)$ をライン占有率 $m r$ とし、特に記述しないときは、 $m r = 0.60$ を用いる。

【００４４】

本発明においては、従来の欠点を鑑みて電極膜厚 H/λ を、従来の値より大きく設定することで、ＳＨ波型表面波を圧電基板表面に集中させて、グレーティング反射器によりＳＨ波型表面波の反射を効率良く利用できるようにし、少ないＩＤＴ電極対数やグレーティング反射器本数でもＳＨ波型表面波エネルギーをＩＤＴ電極内に閉じ込めるようにしてデバイスサイズの小型化を図った。

【００４５】

図２は、図１（ｂ）に示したＳＨ波型ＳＡＷ共振子において、圧電基板１に－５１°回転Ｙカット９０°Ｘ伝搬水晶基板（オイラー角表示では（０°，３９°，９０°））を用い、共振周波数を３１５ＭＨｚ、電極膜厚 H/λ を０．０６、ＩＤＴ電極２の対数を１００対、グレーティング反射器３ａ、３ｂの本数を各々１００本として構成したＳＨ波型Ｓ

10

20

30

40

50

AW共振子の周波数温度特性（実線）を示した図である。また、比較の為に、圧電基板の大きさを同一にしたSTカット水晶SAW共振子の周波数温度特性を破線で示し、重ね書きした。

【0046】

図3は本発明のSH波型SAW共振子における電極膜厚 H/λ とQ値の関係を示したものであり、共振子設計条件は前述と同等である。同図より、 $0.04 < H/\lambda < 0.12$ の範囲においてSTカット水晶SAW共振子のQ値（15,000）を上回る値が得られることが分かる。更に、 $0.05 < H/\lambda < 0.10$ の範囲に設定することにより20,000以上もの高いQ値が得られる。

【0047】

また、特公平01-034411号にある多対IDT型SAW共振子と本発明のSH波型SAW共振子のQ値を比較すると、特公平01-034411号で得られているQ値は共振周波数が207.561（MHz）における値であり、これを本実施例で適用している共振周波数315（MHz）に変換するとQ値は15,000程度となり、STカット水晶SAW共振子とほぼ同等である。また、共振子のサイズを比較すると、特公平01-034411号の多対IDT型SAW共振子は 800 ± 200 対もの対数が必要なのに対し、本発明ではIDTとグレーティング反射器の両方で200対分の大きさで十分であるので格段に小型化できる。従って、電極膜厚を $0.04 < H/\lambda < 0.12$ の範囲に設定し、グレーティング反射器を設けて効率良くSH波型表面波を反射することで、特公平01-034411号に開示されている多対IDT型SAW共振子よりも小型で且つQ値が

10

20

【0048】

次に、図4は本発明のSH波型SAW共振子における電極膜厚 H/λ と2次温度係数の関係を示したものであり、共振子設計条件は前述と同等である。図4より高いQ値が得られる $0.04 < H/\lambda < 0.12$ の範囲において、STカット水晶SAW共振子の2次温度係数 -0.034 （ppm/ $^{\circ}\text{C}^2$ ）よりも良好な値が得られた。以上より電極膜厚 H/λ を $0.04 < H/\lambda < 0.12$ の範囲に設定することで、STカット水晶SAWデバイス及び特公平01-034411号に開示されているSAWデバイスよりも小型でQ値が高く、且つ周波数安定性に優れたSAWデバイスを提供できることが分かった。

【0049】

なお、これまでカット角 θ を -51° とした場合についてのみ示してきたが、本発明のSAW共振子においてはカット角 θ を変えても膜厚依存性は大きく変化せず、 -51° から数度ずれたカット角においても電極膜厚を $0.04 < H/\lambda < 0.12$ の範囲に設定することで、良好なQ値と2次温度係数が得られる。

【0050】

ところで、本発明のSH波型SAW共振子は、非常に広い温度範囲では3次的な温度特性となるが、特定の狭い温度範囲では2次特性と見なすことができ、その頂点温度 T_p は電極膜厚やカット角によって変化する。従って、いくら周波数温度特性が優れていても頂点温度 T_p が使用温度範囲外となってしまうと周波数安定性は著しく劣化してしまうので、実用的な使用温度範囲（ $-50 \sim +125$ ）において優れた周波数安定性を実現するには、2次温度係数だけでなく頂点温度 T_p についても詳細に検討する必要がある。

【0051】

図5（a）は、本発明のSH波型SAW共振子においてカット角 θ を -50.5° としたときの電極膜厚 H/λ と頂点温度 T_p の関係を示している。図5（a）から明らかなように、電極膜厚 H/λ を大きくすると頂点温度 T_p は下がり、電極膜厚 H/λ と頂点温度 T_p の関係は次の近似式で表わされる。

$$T_p(H/\lambda) = -41825 \times (H/\lambda)^2 + 2855.4 \times (H/\lambda) - 26.42 \quad \cdots (1)$$

また、 -50° 近傍のカット角においても切片を除けばおおよそ（1）式が適用できる。

【0052】

50

また、図5(b)は、本発明のSAW共振子において電極膜厚 H/λ を0.06とした時のカット角 θ と頂点温度 T_p の関係を示している。図5(b)から明らかなように、カット角 θ の絶対値を小さくすると頂点温度 T_p は下がり、カット角 θ と頂点温度 T_p の関係は次の近似式で表わされる。

$$T_p(\theta) = -43.5372 \times \theta - 2197.14 \quad \dots (2)$$

【0053】

式(1)及び式(2)から電極膜厚 H/λ を $0.04 < H/\lambda < 0.12$ とした時に頂点温度 T_p を実用的な使用温度範囲($-50 \sim +125$)に設定するには、カット角 θ を $-59.9^\circ \sim -48.9^\circ$ の範囲に設定すれば良いことが分かる。

【0054】

また、電極膜厚 H/λ とカット角 θ の双方を考慮する場合、頂点温度 T_p は式(1)及び式(2)から次の近似式で表わされる。

$$T_p(H/\lambda, \theta) = T_p(H/\lambda) + T_p(\theta) = -41825 \times (H/\lambda)^2 + 2855.4 \times (H/\lambda) - 43.5372 \times \theta - 2223.56 \quad \dots (3)$$

式(3)より、頂点温度 T_p を使用温度範囲($-50 \sim +125$)に設定するには、次式で表される範囲に電極膜厚 H/λ 及びカット角 θ を設定すれば良い。

$$0.9613 - 18.498 \times (H/\lambda)^2 + 1.2629 \times (H/\lambda) - 0.019255 \times \theta - 1.0387 \quad \dots (4)$$

【0055】

このように、本発明ではカット角 θ が $-59.9^\circ \sim -48.9^\circ$ の範囲にある回転Yカット水晶基板を用い、SAWの伝搬方向がX軸に対してほぼ垂直方向として励振されるSH波を用い、IDT電極やグレーティング反射器の電極材料をAlまたはAlを主とした合金にて構成し、その電極膜厚 H/λ を $0.04 < H/\lambda < 0.12$ とすることで、STカット水晶SAWデバイスより小型で、且つQ値が大きく、且つ周波数安定性の優れているSAWデバイスを実現できる。

【0056】

ここで、より最適な条件について検討すると、電極膜厚 H/λ は図3よりQ値として20,000以上が得られる $0.05 < H/\lambda < 0.10$ の範囲に設定するのが好ましい。また、頂点温度 T_p をより実用的な使用温度範囲($0^\circ \sim +70$)に設定するためには、カット角 θ は $-55.7^\circ \sim -50.2^\circ$ の範囲に設定するのが好ましく、更には、式(3)より得られる次式の範囲にカット角 θ 及び電極膜厚 H/λ を設定するのが好ましい。

$$0.9845 - 18.518 \times (H/\lambda)^2 + 1.2643 \times (H/\lambda) - 0.019277 \times \theta - 1.0155 \quad \dots (5)$$

【0057】

以上では、図5(a)のカット角 θ を -50.5° とした時の電極膜厚 H/λ と頂点温度 T_p の関係、及び図5(b)の電極膜厚 H/λ を0.06とした時のカット角 θ と頂点温度 T_p の関係から、頂点温度 T_p が実用的な使用温度範囲に入るような電極膜厚 H/λ とカット角 θ の関係式を導き出したが、更にカット角 θ の範囲を広げて実験を行ったところ、より詳細な条件を見出すことができたので以下説明する。

【0058】

図6は、前記SH波型SAW共振子において頂点温度 T_p ($^\circ\text{C}$)が $T_p = -50, 0, +70, +125$ である時の水晶基板のカット角 θ と電極膜厚 H/λ の関係を示しており、各 T_p 特性の近似式は以下の通りである。

$$T_p = -50 (\theta) : H/\lambda = 1.02586 \times 10^{-4} \times \theta^3 - 1.73238 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.977607 \times \theta - 18.3420$$

$$T_p = 0 (\theta) : H/\lambda = 9.87591 \times 10^{-5} \times \theta^3 - 1.70304 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 0.981173 \times \theta - 18.7946$$

$$T_p = +70 (\theta) : H/\lambda = 1.44605 \times 10^{-4} \times \theta^3 - 2.50690 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 1.45086 \times \theta - 27.9464$$

$$T_p = +125 (\theta) : H/\lambda = 1.34082 \times 10^{-4} \times \theta^3 - 2.34969 \times 10^{-2} \times \theta^2 - 1.37506 \times \theta - 26.7895$$

【0059】

10

20

30

40

50

図 6 から、頂点温度 T_p () を実用的な範囲である $-50 \leq T_p \leq +125$ に設定するには、 $T_p = -50$ 及び $T_p = +125$ の曲線に囲まれた領域、即ち、 $-1.34082 \times 10^{-4} x^3 - 2.34969 \times 10^{-2} x^2 - 1.37506 x - 26.7895 < H/\mu m < -1.02586 \times 10^{-4} x^3 - 1.73238 \times 10^{-2} x^2 - 0.977607 x - 18.3420$ となるようにカット角 θ 及び電極膜厚 $H/\mu m$ を設定すれば良いことが分かる。また、この時の電極膜厚 $H/\mu m$ の範囲は、従来の ST カット水晶デバイスより優れた特性が得られる $0.04 < H/\mu m < 0.12$ とし、カット角 θ の範囲は図 6 の点 A から点 B に示す範囲の $-64.0^\circ < \theta < -49.3^\circ$ とする必要がある。

【0060】

更に、より最適な条件について検討すると、頂点温度 T_p () はより実用的な使用温度範囲である $0 \leq T_p \leq +70$ に設定するのが望ましい。 T_p () を前述の範囲に設定するには、図 6 に示す $T_p = 0$ 及び $T_p = +70$ の曲線に囲まれた領域、即ち、 $-1.44605 \times 10^{-4} x^3 - 2.50690 \times 10^{-2} x^2 - 1.45086 x - 27.9464 < H/\mu m < -9.87591 \times 10^{-5} x^3 - 1.70304 \times 10^{-2} x^2 - 0.981173 x - 18.7946$ となるようにカット角 θ 及び電極膜厚 $H/\mu m$ を設定すれば良い。また、電極膜厚 $H/\mu m$ は Q 値が 20,000 以上得られる $0.05 < H/\mu m < 0.10$ の範囲にするのが望ましく、電極膜厚を前述の範囲とし、頂点温度 T_p () を $0 \leq T_p \leq +70$ の範囲内に設定するには、カット角 θ を図 6 の点 C から点 D に示す範囲の $-61.4^\circ < \theta < -51.1^\circ$ に設定する必要がある。

【0061】

以上、詳細に検討した結果、カット角 θ が $-64.0^\circ < \theta < -49.3^\circ$ 、好ましくは $-61.4^\circ < \theta < -51.1^\circ$ の範囲にある回転 Y カット水晶基板を用い、表面波の伝搬方向が X 軸に対してほぼ垂直方向として励振される SH 波を用い、IDT 電極やグレーティング反射器の電極材料を Al または Al を主とした合金にて構成し、その電極膜厚 $H/\mu m$ を $0.04 < H/\mu m < 0.12$ 、好ましくは $0.05 < H/\mu m < 0.10$ とすることで、ST カット水晶 SAW デバイスより Q 値が大きく優れた温度特性が得られると共に、頂点温度 T_p を実用的な使用温度範囲内に設定できることを見出した。

【0062】

ところで、これまで IDT のライン占有率 m_r を 0.60 と固定したときの例について説明してきたが、以下ではライン占有率を変数に含めた場合の T_p 特性について検討している。図 7 は、電極膜厚とライン占有率の積 $(H/\mu m) \times m_r$ と頂点温度 T_p の関係を示している。なお、縦軸は頂点温度 T_p () を、横軸は電極膜厚とライン占有率との積 $(H/\mu m) \times m_r$ を示しており、このときの水晶基板のカット角 θ は -51.5° としている。図 7 に示すように、電極膜厚とライン占有率の積 $(H/\mu m) \times m_r$ の値を大きくする程、頂点温度 T_p は下がることが分かる。

【0063】

次に、図 8 は頂点温度 T_p () が $T_p = -50, 0, +70, +125$ である時の水晶基板のカット角 θ と電極膜厚とライン占有率の積 $(H/\mu m) \times m_r$ の関係を示している。なお、各 T_p 特性の近似式は以下の通りである。

$$T_p = -50 () : H/\mu m \times m_r = 6.15517 \times 10^{-5} x^3 - 1.03943 \times 10^{-2} x^2 - 0.586564 x - 11.0052$$

$$T_p = 0 () : H/\mu m \times m_r = 5.92554 \times 10^{-5} x^3 - 1.02183 \times 10^{-2} x^2 - 0.588704 x - 11.2768$$

$$T_p = +70 () : H/\mu m \times m_r = 8.67632 \times 10^{-5} x^3 - 1.50414 \times 10^{-2} x^2 - 0.870514 x - 16.7678$$

$$T_p = +125 () : H/\mu m \times m_r = 8.04489 \times 10^{-5} x^3 - 1.40981 \times 10^{-2} x^2 - 0.825038 x - 16.0737$$

【0064】

図 8 から、頂点温度 T_p () を実用的な範囲である $-50 \leq T_p \leq +125$ に設定するには、 $T_p = -50$ 及び $T_p = +125$ の曲線に囲まれた領域、即ち、 $-8.04489 \times 10^{-5} x^3 - 1.40981 \times 10^{-2} x^2 - 0.825038 x - 16.0737 < H/\mu m \times m_r < -6.15517$

10

20

30

40

50

$\times 10^{-5} \times \quad^3 - 1.03943 \times 10^{-2} \times \quad^2 - 0.586564 \times \quad - 11.0052$ となるようにカット角 及び電極膜厚とライン占有率の積 $H / \quad \times m r$ を設定すれば良いことが分かる。また、この時の電極膜厚 H / \quad の範囲は従来の S T カット水晶デバイスより優れた特性が得られる $0.04 < H / \quad < 0.12$ とし、カット角 の範囲は $-64.0 < \quad < -49.3$ とする必要がある。

【0065】

また、頂点温度 $T_p (\quad)$ をより実用的な使用温度範囲である $0 \quad T_p \quad + 70$ に設定するには、図 8 に示す $T_p = 0 \quad$ 及び $T_p = + 70 \quad$ の曲線に囲まれた領域、即ち、 $-8.67632 \times 10^{-5} \times \quad^3 - 1.50414 \times 10^{-2} \times \quad^2 - 0.870514 \times \quad - 16.7678 < H / \quad \times m r < -5.92554 \times 10^{-5} \times \quad^3 - 1.02183 \times 10^{-2} \times \quad^2 - 0.588704 \times \quad - 11.2768$ となるようにカット角 及び電極膜厚とライン占有率の積 $(H / \quad) \times m r$ を設定すれば良い。また、この時の電極膜厚 H / \quad は Q 値が 20, 000 以上得られる $0.05 < H / \quad < 0.10$ とするのが望ましく、電極膜厚を前述の範囲とし、且つ、頂点温度 $T_p (\quad)$ を $0 \quad T_p \quad + 70$ の範囲内に設定するには、カット角 は $-61.4 < \quad < -51.1$ とするのが望ましい。

10

【0066】

これまで、図 1 に示すような 1 ポートの S A W 共振子についてのみ言及してきたが、それ以外の S A W デバイスにおいても本発明を適用できる。以下、種々の S A W デバイスの構造について説明する。

図 9 は圧電基板 1 1 上に S A W の伝搬方向に沿って I D T 電極 1 2、1 3 を配置し、その両側にグレーティング反射器 1 4 a、1 4 b を配置した 2 ポート S H 波型 S A W 共振子を示しており、1 ポート S H 波型 S A W 共振子と同じく高い Q 値を実現できる。

20

【0067】

図 1 0 は、共振子フィルタの 1 つの方式として S A W 共振子の音響結合を利用した 2 重モード S A W (D M S) フィルタを示しており、図 1 0 (a) は圧電基板 2 1 上に S A W 共振子 2 2 を伝搬方向に対して平行に近接配置した横結合型 D M S フィルタ、図 1 0 (b) は圧電基板 3 1 上に I D T 3 2 からなる S H 波型 S A W 共振子を表面波の伝搬方向に沿って配置した 2 ポートの縦結合型 D M S フィルタである。前記横結合型 D M S フィルタは伝搬方向に対し垂直方向の音響結合を利用し、前記縦結合型 D M S フィルタは伝搬方向に対し水平方向の音響結合を利用している。これら D M S フィルタは平坦な通過帯域と良好な帯域外抑圧度が得られる特徴がある。

30

【0068】

なお、前記縦結合型 D M S フィルタは、通過域近傍を高減衰にするために S A W 共振子を接続する場合がある。また、更に高次のモードを利用した多重モード S A W フィルタや、伝搬方向に対し垂直方向と水平方向の双方で音響結合させた多重モード S A W フィルタにも応用できる。

【0069】

図 1 1 は、共振子フィルタの別の方式として、圧電基板 4 1 上に複数の 1 ポート S A W 共振子 4 2 を直列、並列、直列と梯子 (ラダー) 状に配置してフィルタを構成したラダー型 S A W フィルタを示している。ラダー型 S A W フィルタは前記 D M S フィルタと比較して通過域近傍の減衰傾度が急峻なフィルタ特性が得られる。

40

【0070】

図 1 2 は、トランスバーサル S A W フィルタを示しており、同図 (a) は圧電基板 5 1 上に表面波の伝搬方向に沿って入力用 I D T 電極 5 2 と出力用 I D T 電極 5 3 を所定の間隙をあけて配置したトランスバーサル型 S A W フィルタである。なお、前記 I D T 電極 5 2、5 3 は双方向に表面波を伝搬させる。また、入出力端子間の直達波の影響を防ぐためにシールド電極 5 4 を設けたり、基板端面からの不要な反射波を抑圧するために圧電基板 5 1 の両端に吸音材 5 5 を塗布する場合がある。トランスバーサル型 S A W フィルタは、振幅特性と位相特性とを別々に設計可能であり、帯域外抑圧度が高いため I F 用フィルタとして多用されている。

【0071】

50

前記トランスバーサル型SAWフィルタにおいて、表面波は伝搬方向に沿って左右に等しく伝搬するためフィルタの挿入損失が大きくなるという問題がある。この問題を解決するものとして、図12(b)に示すように電極指配列や電極指幅を変化させることによりSAWの励振及び反射に重み付けを施して表面波の励振を一方向性にした所謂単相一方向性電極(Single Phase Uni-Directional Transducer: SPUDT)62、63を配置したトランスバーサル型SAWフィルタがある。表面波の励振が一方向性となるので低損失なフィルタ特性が得られる。また、他の構造として、IDTの励振電極間にグレーティング反射器を配置した所謂反射バンク型トランスバーサル型SAWフィルタ等がある。

【0072】

以上の種々のSAWデバイスにおいて、圧電基板に回転Yカット水晶基板のカット角を結晶Z軸より反時計方向に $-64.0^{\circ} < \theta < -49.3^{\circ}$ 、好ましくは $-61.4^{\circ} < \theta < -51.1^{\circ}$ の範囲に設定し、弾性表面波の伝搬方向を結晶X軸に対し $90^{\circ} \pm 5^{\circ}$ とした水晶平板を用い、電極膜厚 H/λ を $0.04 < H/\lambda < 0.12$ 、好ましくは $0.05 < H/\lambda < 0.10$ の範囲に設定すれば、本発明と同様な効果が得られることは明らかである。

【0073】

また、上述のSAWデバイスにおいて、IDT電極やグレーティング反射器上にSiO₂等の保護膜やAlを陽極酸化した保護膜等を形成したり、Al電極の上部あるいは下部に密着層あるいは耐電力向上等の目的で別の金属薄膜を形成した場合においても、本発明と同様の効果を得られることは明らかである。また、センサ装置やモジュール装置、発振回路等に本発明のSH波型SAWデバイスが適用できることは言うまでもない。また、電圧制御SAW発振器(VCSO)等に本発明のSAWデバイスを用いれば、容量比を小さくできるので周波数可変幅を大きくとれる。

【0074】

また、本発明のSAWデバイスは、SAWチップとパッケージをワイヤボンディングした構造以外でも良く、SAWチップの電極パッドとパッケージの端子とを金属バンプで接続したフリップチップボンディング(FCB)構造や、配線基板上にSAWチップをフリップチップボンディングしSAWチップの周囲を樹脂封止したCSP(Chip Size Package)構造、或いは、SAWチップ上に金属膜や樹脂層を形成することによりパッケージや配線基板を不要としたWLCS(P Wafer Level Chip Size Package)構造等にしても良い。更には、水晶デバイスを水晶又はガラス基板で挟んで積層封止したAQP(All Quartz Package)構造としても良い。前記AQP構造は、水晶又はガラス基板で挟んだだけの構造であるのでパッケージが不要で薄型化が可能であり、低融点ガラス封止や直接接合とすれば接着剤によるアウトガスが少なくなりエージング特性に優れた効果を奏する。

【0075】

以下、本発明を図示した実施の形態例に基づいて詳細に説明する。図13は本発明に係るSH波型SAW共振子の構成を示す平面図であって、水晶基板71は、図1(a)に示したようにYカット水晶基板の回転角 θ を結晶軸Zより反時計方向に約 -50° とし、結晶軸Xに対し $90^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 方向(Z'軸方向)に伝搬するSH波型表面波を励起する基板を用いる。そして、水晶基板71のZ'軸方向に沿ってアルミニウム、又はアルミニウムを主成分とする合金のIDT電極72と、その両側にグレーティング反射器73a、73bとを配置して、SH波型SAW共振子を構成する。IDT電極72は、互いに間挿し合う複数の電極指を有する一対の櫛形電極より形成され、それぞれの櫛形電極よりリード電極を伸ばして二端子とする。

【0076】

なお、水晶基板71のカット角 θ 、電極材料、IDT電極の基準化電極膜厚 H/λ (λ はSH波型表面波の波長)、ライン占有率 m_r (電極指幅 L とスペース幅 S との和に対する電極指幅 L の比)等は、前述した特願2004-310452号に基づくものとする。

【0077】

本発明の特徴はSH波用水晶基板71のエッチング量にある。STカット水晶基板の工

ツチングについては、前述したように（特許文献３）、ＳＴカット水晶基板を弗酸あるいは弗化アンモニウムの混合液等のエッチング液に浸し、水晶基板の表面を $0.1\mu\text{m}$ （ $1,000$ ）から $2\mu\text{m}$ 程度エッチングすると、基板表面は微小な半球状の島がほぼ均一に存在している島状構造となり、この表面にアルミニウム膜を形成すると、単結晶膜が得られると記述されている。

【００７８】

しかし、ＳＨ波用水晶基板については何ら記述されていない。そこで、本願発明者はＳＨ波用水晶基板の表面を種々の厚さでエッチングし、該水晶基板表面上にアルミニウム膜を真空蒸着法、スパッタ法を用いて成膜し、フォトリソ技術とエッチング手法を用いて、図１３に示すようなＳＨ波型ＳＡＷ共振子を試作し、そのエージング特性を測定した。特許文献３にはＳＴカット水晶基板表面のエッチング量の例として、 $0.1\mu\text{m}$ から $2\mu\text{m}$ の例が記述されているが、ＳＨ波型ＳＡＷ共振子の試作の結果によると、エッチング量が大幅に異なることを見出した。即ち、エッチングレートを $0.25\text{nm}/\text{秒}$ とし、３分間エッチングしたＳＨ波用水晶基板（ライトエッチング基板）を用いて、試作したＳＨ波型ＳＡＷ共振子のエージングが極めて良好な特性を示した。なお、このときの水晶基板のエッチング量は $0.045\mu\text{m}$ であり、ウエットエッチングによって水晶基板表面の加工変質層等をより効果的に取り除いている。また基板７１のカット角を -52.0° 、ＩＤＴ電極７２の対数を１２０対、グレーティング反射器７３ａ、７３ｂの本数をそれぞれ１００本、電極膜厚 H/λ は 0.06 、ライン占有率 m_r は 0.6 とした。ＳＨ波型ＳＡＷ共振子のエージング条件は高温動作エージングで、印加する電力を $+10\text{dBm}$ 、雰囲気

【００７９】

エッチングを施さないＳＨ波用水晶基板を用いて構成したＳＨ波型ＳＡＷ共振子のエージングが、３５０時間後で -130ppm から -170ppm であるのに対し、ライトエッチングを施したＳＨ波用水晶基板を用いて構成したＳＨ波型ＳＡＷ共振子のエージングが、３５０時間後で -0.8ppm から -1.3ppm であった。

【００８０】

また図１４には、水晶基板を $0.0025\mu\text{m}$ エッチングして作製したＳＨ波型ＳＡＷ共振子のエージング特性と、水晶基板を $0.015\mu\text{m}$ エッチングして作製したＳＨ波型ＳＡＷ共振子のエージング特性も重ね書きしてある。この図１４において、実線は水晶基板を $0.0025\mu\text{m}$ エッチングしたときのエージング特性を示し、実線は $0.015\mu\text{m}$ エッチングしたときのエージング特性を示している。なお、これらの場合においても、エッチングレートを $0.25\text{nm}/\text{秒}$ としてあり、また基板７１のカット角を -52.0° 、ＩＤＴ電極７２の対数を１２０対、グレーティング反射器７３ａ、７３ｂの本数をそれぞれ１００本、電極膜厚 H/λ は 0.06 、ライン占有率 m_r は 0.6 としてある。さらにエージング条件は高温動作エージングで、印加する電力を $+10\text{dBm}$ 、雰囲気を 125°C としてある。

【００８１】

そしてエッチング量が $0.0025\mu\text{m}$ の水晶基板を用いたＳＨ波型ＳＡＷ共振子のエージングは、３５０時間後で -1.0ppm から -8.5ppm であった。またエッチング量が $0.015\mu\text{m}$ の水晶基板を用いたＳＨ波型ＳＡＷ共振子のエージングは、３５０時間後で -1.0ppm から -7.3ppm であった。これによりウエットエッチングによって水晶基板を $0.0025\mu\text{m}$ エッチングしても、水晶基板の加工変質層等をより効果的に取り除くことができ、エージング特性が極めて良好であることがわかる。また図１４に示した測定の結果から、特に水晶基板のエッチング量を $0.0025\mu\text{m}$ としたときであっても、３５０時間後のエージングが -1.0ppm から -8.5ppm であることから、水晶基板のエッチング量を $0.002\mu\text{m}$ としたときであっても３５０時間後のエ

ージングが数 ppm であると考えられる。

【0082】

図15(a)はSH波型SAW共振子のIDT電極の斜視図であり、図15(b)は領域Eを拡大した斜視図である。図15(b)はSH波水晶基板をエッチングレート0.25nm/秒で3分間エッチングしたエッチング量0.045μmのSH波水晶基板にアルミニウム膜を成膜し、アルミニウム膜の一部をエッチング加工した基板のFEM(電界放射顕微鏡)像である。エッチングされた凹部はSH波水晶基板の表面である。IDT電極及び水晶基板の両表面上には、図中の左右方向にはしるエッチング痕(実線で強調している)がみられる。

【0083】

一方、図16(a)はSH波型SAW共振子のIDT電極の斜視図であり、図16(b)は領域Eを拡大した斜視図である。図16(b)は、STカット水晶基板をエッチングレート1.67nm/秒で6分間エッチングしたエッチング量0.6μm(特許文献3に記載されたエッチング量と同じ)のSTカット水晶基板にアルミニウム膜を成膜し、アルミニウム膜の一部をエッチング加工した基板のFEM像である。エッチングされた凹部はSTカット水晶基板の表面である。IDT電極及び水晶基板の両表面上は、共にほぼ滑らかな状態である。

【0084】

エッチングしたSH波水晶基板上にアルミニウム膜を成膜した場合と、エッチングを施さないSH波水晶基板上にアルミニウム膜を成膜した場合とで、X線回折のロックン
グカーブ半値全幅(FWHM)がどのように異なるのか、X線回折装置を用いて測定した。測定結果を纏めたものが図17である。測定した試料の測定位置として、上部(Top)、右部(Right)、左部(Left)と表記している。ロックン
グカーブ半値全幅(FWHM)の平均は、エッチングを施さない場合が1.022であるのに対し、エッチングを施した場合は0.899と結晶性が改善されている。

【0085】

また、図17中のCPSは回折強度を表し、ピーク強度ではなく、ロックン
グカーブの積分強度である。エッチングを施さないSH波水晶基板上にアルミニウム膜を成膜した場合のCPSの平均が9,642であるのに対し、エッチングを施したSH波水晶基板上にアルミニウム膜を成膜した場合のCPSの平均は、96,662とほぼ10倍の強度とな
ることが判明した。

【0086】

図18は、エッチングを施さないSH波水晶基板上と、エッチングを施したSH波水晶基板上とに、それぞれアルミニウムIDT電極を形成した場合のSH波型SAW共振子の実効抵抗R1()とそれらの平均(Ave.)を示した図である。エッチングを施さないSH波型SAW共振子の平均の実効抵抗が13.6であるのに対し、エッチングを施したSH波型SAW共振子の平均の実効抵抗が12.3と約10%改善していた。

【0087】

図19は、エッチングをそれぞれ3分(0.045μm、ライトエッチング)、10分(0.15μm、ハードエッチング)施したSH波水晶基を用いてSH波型SAW共振子を構成した場合のエージング特性である。エージング条件は図14と同じ条件で行った。

印はエッチング時間が3分、×印はエッチング時間が10分の場合である。エッチング時間を10分と長くしたハードエッチングでもエージング特性はほぼ同等であることが判明した。また、エッチング時間をそれぞれ3分、10分としたSH波型SAW共振子の実効抵抗R1はほぼ同じであった。

【0088】

以上説明したように、本発明の特徴はSH波型水晶基板に従来のエッチング量(例、0.6μm)に比べて少ない量のエッチング(例0.002μmから0.15μm)、即ちライトエッチングを施したことである。ライトエッチングにも関わらず、高温動作エージングの条件で良好なエージング特性(例350h後において、良好なもので-1ppm程

10

20

30

40

50

度) が得られ、I D T 電極の材質であるアルミニウムあるいはアルミニウムを主とした合金の結晶性が大幅に改善されていることが、X 線回折等で証明された。

【0089】

S H 波型水晶基板のエッチング時間を短縮させる、つまりエッチング量を少なくすることにより、エッチング液の劣化を緩やかすることができ、S H 波型水晶基板の品質を維持する上で大きな利点となる。

【0090】

好ましくは、S H 波型水晶基板のエッチング量を $0.002 \mu\text{m}$ 以上、 $0.1 \mu\text{m}$ 未満とする。これにより、高信頼性の S A W デバイスを実現できる。また、従来の S T カット水晶基板を用いた S A W デバイスと比較して、本実施形態では水晶基板のエッチング量を少なくできる。そして、エッチング液の劣化を特に緩やかにすることができ、エッチング液の長寿命化、エッチング液交換頻度の減少などの効果が得られる。またプロセスにおける環境負荷・コストの低減という効果が得られる。

【0091】

以上では、回転 Y カット水晶基板の回転角 を結晶軸 Z より反時計方向に約 -50° とし、結晶軸 X に対し $90^\circ \pm 5^\circ$ 方向に伝搬する S H 波型表面波を用いた S H 波型 S A W 共振子について説明したが、本発明はこれに限定するものではなく、水晶基板上に S H 波型表面波の伝搬方向に沿って 2 つの I D T 電極を近接して配置すると共に、該 2 つの I D T 電極の両側にグレーティング反射器を配設して構成した 1 次 - 2 次縦結合二重モード S A W フィルタ、3 つの I D T 電極を近接させ、その両側にグレーティング反射器を配置して構成した 1 次 - 3 次縦結合二重モード S A W フィルタに適用できる。

【0092】

また、水晶基板上に S H 波型表面波の伝搬方向と直交して 2 つの I D T 電極を近接して配置すると共に、該 2 つの I D T 電極の両側にグレーティング反射器を配設して構成した 1 次 - 2 次横結合二重モード S A W フィルタにも本発明は適用できる。さらに、水晶基板上に S H 波型表面波の伝搬方向に沿って I D T 電極とその両側にグレーティング反射器を配して構成する S H 波型 S A W 共振子を複数個形成し、これらを梯子型に接続して構成したラダー型 S A W フィルタにも適用できる。

【0093】

また、本発明は、水晶基板上に S H 波型表面波の伝搬方向に沿って 2 つの I D T 電極を所定の間隔を隔して配したトランスバーサル型 S A W フィルタにも適用できる。

【0094】

また、以上に記述した S H 波型弾性表面波デバイスを製造するに当たって、A l または A l を主成分とする合金を成膜する前に、水晶基板の主表面をエッチングする製造方法を示したので、エージング特性の良好な S H 波型表面波デバイスを製造することが容易となる。

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図 1】(a) は S H 波型 S A W 共振子の基板のカット角 と、電極の配置を示す図で、(b) は S H 波型 S A W 共振子の構成を示す平面図である。

【図 2】S H 波型 S A W 共振子の周波数温度特性と、S T カット水晶 S A W 共振子の周波数温度特性とを重ね書きした図である。

【図 3】S H 波型 S A W 共振子の電極膜厚 H / λ と Q 値との関係を示す図である。

【図 4】S H 波型 S A W 共振子の電極膜厚 H / λ と 2 次温度係数との関係を示す。

【図 5】S H 波型 S A W 共振子の電極膜厚 H / λ と頂点温度 T_p の関係を (a) に、カット角 と頂点温度 T_p の関係を (b) に示す。

【図 6】S H 波型 S A W 共振子の頂点温度 T_p () が $T_p = -50, 0, +70, +125$ であるときのカット角 と電極膜厚 H / λ の関係を示す。

【図 7】S H 波型 S A W 共振子の電極膜厚とライン占有率の積 ($H / \lambda \times m r$) と頂点温度 T_p の関係を示す。

10

20

30

40

50

【図 8】SH 波型 SAW 共振子の頂点温度 T_p () が $T_p = -50, 0, +70, +125$ であるときのカット角 と電極膜厚とライン占有率の積 $H / \times m r$ の関係を示す。

【図 9】2 ポート SH 波型 SAW 共振子を説明する図である。

【図 10】DMS フィルタを説明する図であり、(a) に横結合型 DMS フィルタ、(b) に縦結合型 DMS フィルタを示す。

【図 11】ラダー型 SAW フィルタを説明する図である。

【図 12】トランスバーサル SAW フィルタを説明する図であり、(a) に双方向に SAW を励振させる IDT を配置したトランスバーサル SAW フィルタ、(b) に一方向に SAW を励振させる IDT を配置したトランスバーサル SAW フィルタを示す。

【図 13】本発明に係る水晶基板をライトエッチングした SH 波型 SAW 共振子の構造を示した概略平面図である。 10

【図 14】水晶基板をライトエッチングした SH 波型 SAW 共振子のエージング特性と、従来のエッチングの無い SH 波型 SAW 共振子のエージング特性を重ね書きした図である。

【図 15】エッチング量 $0.045 \mu m$ のライトエッチングした SH 波用水晶基板表面の電子顕微鏡写真である。

【図 16】エッチング量 $0.6 \mu m$ の ST カット水晶基板表面の電子顕微鏡写真である。

【図 17】水晶基板のエッチング有無による FWHM と CPS を比較した図である。

【図 18】水晶基板のエッチング有無による SH 波型 SAW 共振子の実効抵抗を比較した図である。 20

【図 19】水晶基板のエッチング量を $0.045 \mu m$ 、 $0.15 \mu m$ とした場合の SH 波型 SAW 共振子にエージング特性を示した図である。

【図 20】(a) は SH 波型 SAW 共振子の基板のカット角 と、電極の配置を示す図で、(b) は SH 波型 SAW 共振子の構成を示す平面図である。

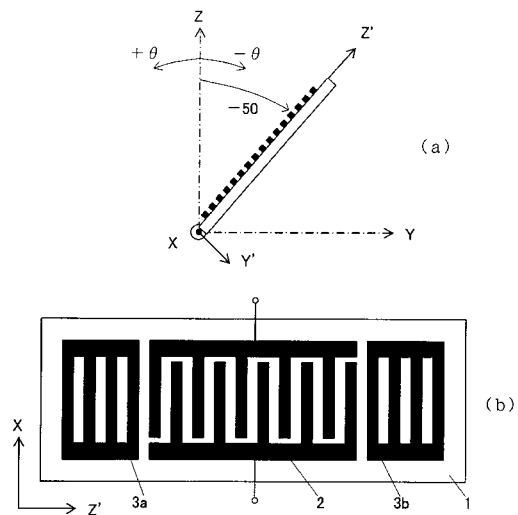
【図 21】多対 IDT 電極型 SAW 共振子の構成を示す平面図である。

【符号の説明】

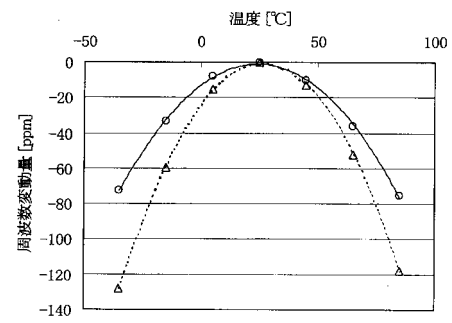
【0096】

1, 11, 21, 31, 41, 71 ... 圧電基板、2, 12, 13, 22, 32, 42, 52, 53, 62, 63, 72 ... IDT 電極 3a, 3b, 14a, 14b, 73a, 73b ... グレーティング反射器、54 ... シールド電極、55 ... 吸音材、 ... SH 波型弾性表面波の波長。 30

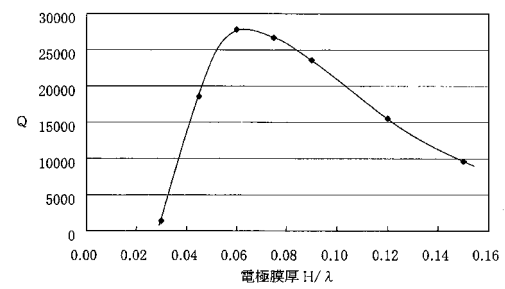
【図 1】



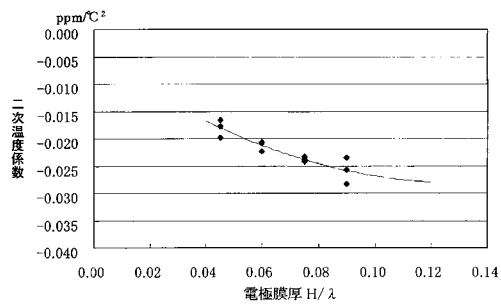
【図 2】



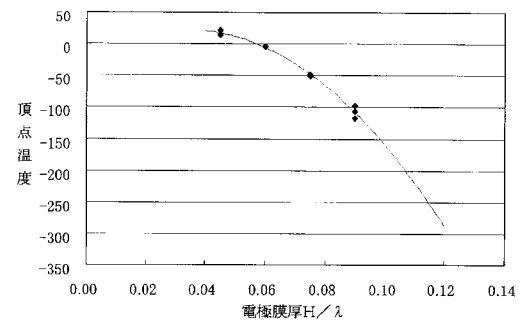
【図 3】



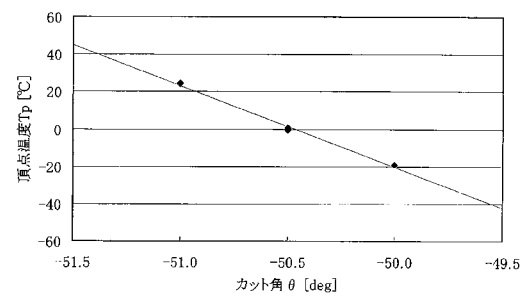
【図 4】



【図 5】

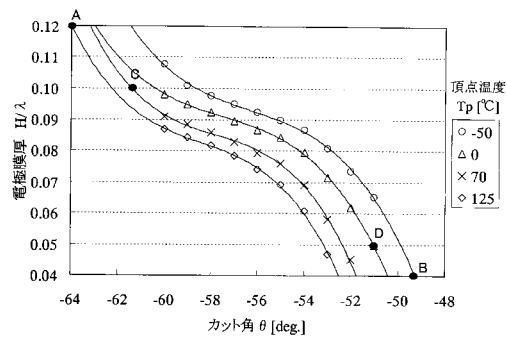


(a)

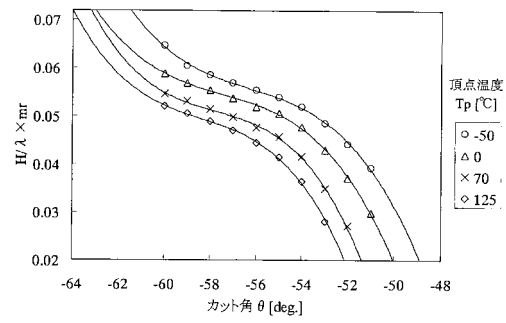


(b)

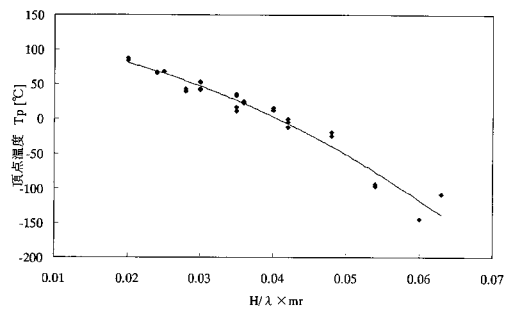
【図 6】



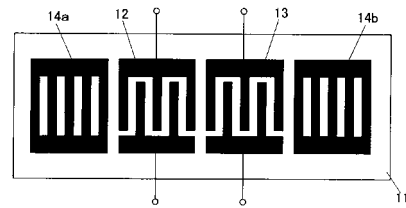
【図 8】



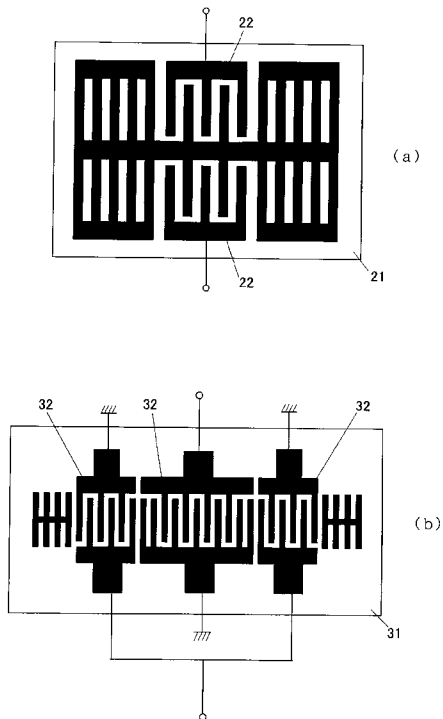
【図 7】



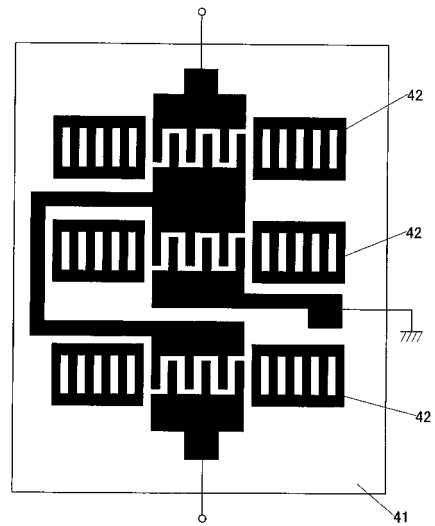
【図 9】



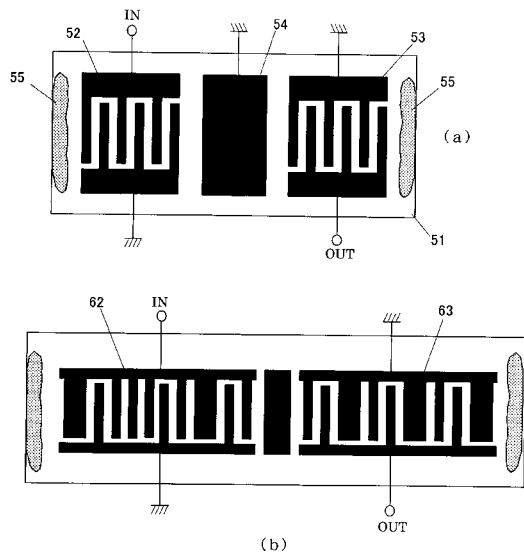
【図 10】



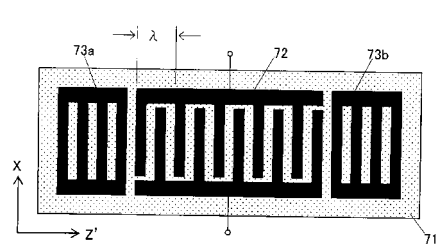
【図 11】



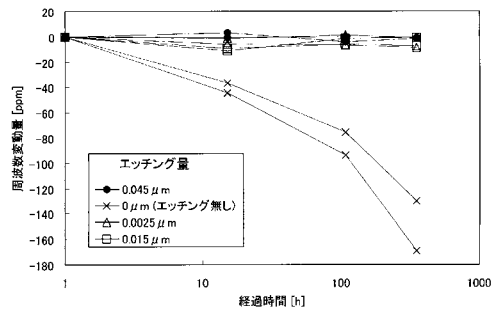
【図 12】



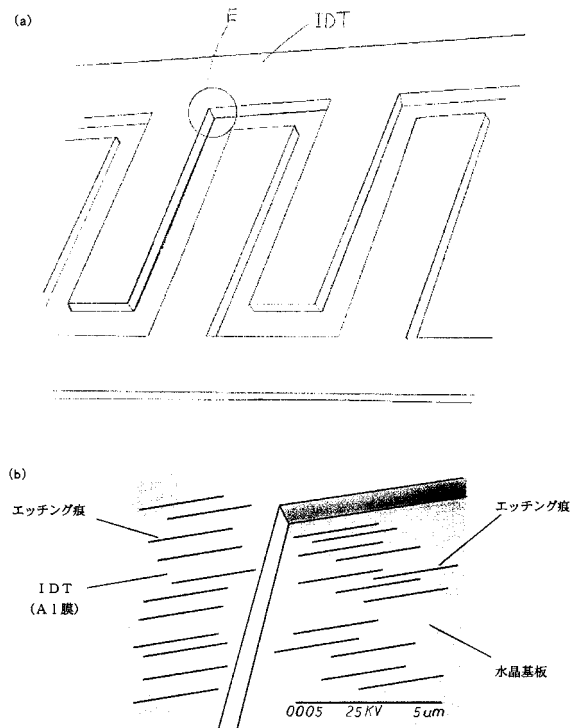
【図 13】



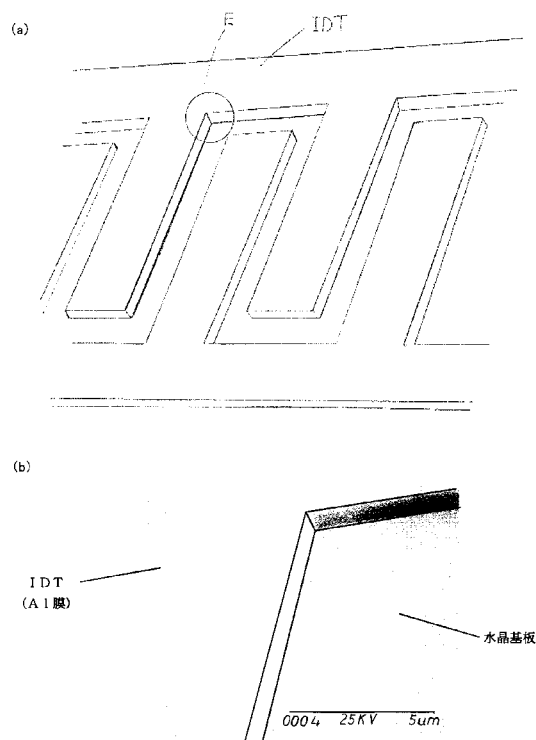
【図 14】



【図 15】



【図 16】



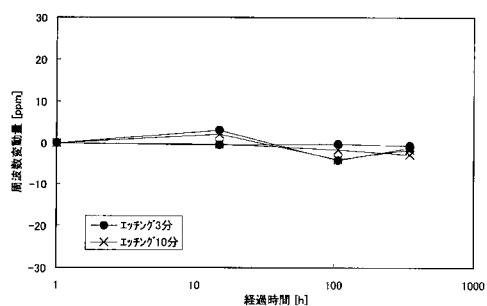
【図 17】

		試料位置			
		Top	Right	Left	Ave.
エッチング無し	FWHM	1.023	1.028	1.014	1.022
エッチング有り	FWHM	0.886	0.898	0.912	0.899
エッチング無し	CPS	9277	11596	8053	9642
エッチング有り	CPS	88638	109817	91532	96662

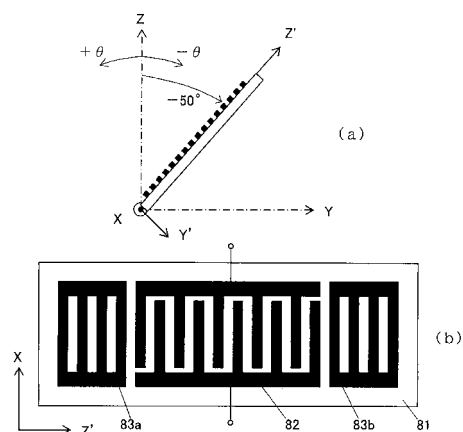
【図 18】

	R1(Ω)	Ave.(Ω)	
エッチング無し	13.8	13.6	n=7
	14.1		
	14.1		
	12.4		
	14.3		
	13.9		
エッチング有り	12.7	12.3	n=7
	12.1		
	12.1		
	12.3		
	12.3		
	12.1		
	12.5		
	12.9		

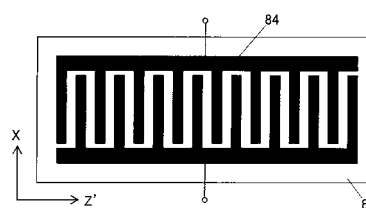
【図 19】



【図 20】



【図 21】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
H 0 1 L 41/09 (2006.01)	H 0 3 B	5/30	A	
H 0 1 L 41/18 (2006.01)	H 0 1 L	41/08	U	
H 0 1 L 41/22 (2006.01)	H 0 1 L	41/08	L	
	H 0 1 L	41/18	1 0 1 A	
	H 0 1 L	41/08	J	
	H 0 1 L	41/22	Z	

(72)発明者 吉澤 弦

東京都日野市日野4 2 1 - 8 エプソントヨコム株式会社内

Fターム(参考) 5J079 AA06 BA39 BA44 HA22 JA01

5J097 AA24 AA29 BB11 BB14 CC03 DD04 DD05 DD09 FF03 GG02

GG05 GG07 KK05 KK06 KK07 KK09