

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4059080号
(P4059080)

(45) 発行日 平成20年3月12日(2008.3.12)

(24) 登録日 平成19年12月28日(2007.12.28)

(51) Int.Cl. F I
 H03H 9/145 (2006.01) H03H 9/145 C
 H03H 3/08 (2006.01) H03H 3/08

請求項の数 9 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2002-538564 (P2002-538564)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成13年10月23日(2001.10.23)		松下電器産業株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2001/009303		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02002/035702	(74) 代理人	100097445
(87) 国際公開日	平成14年5月2日(2002.5.2)		弁理士 岩橋 文雄
審査請求日	平成16年10月22日(2004.10.22)	(74) 代理人	100109667
(31) 優先権主張番号	特願2000-322321 (P2000-322321)		弁理士 内藤 浩樹
(32) 優先日	平成12年10月23日(2000.10.23)	(74) 代理人	100109151
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 永野 大介
(31) 優先権主張番号	特願2000-322322 (P2000-322322)	(72) 発明者	高山 了一
(32) 優先日	平成12年10月23日(2000.10.23)		日本国大阪府枚方市西禁野2-21-19
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	中西 秀和
			日本国大阪府松原市天美西3-2-14
		(72) 発明者	川崎 哲生
			日本国大阪府交野市妙見東5-6-9
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 弾性表面波フィルタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、
前記基板上に設けられた電極とを備え、
前記電極はA1を含む金属からなる第1の層を少なくとも有し、
前記電極の側壁にはA1原子拡散防止層を設けた

S A Wフィルタ。

【請求項2】

前記A1原子拡散防止層が
少なくとも前記第1の層の側壁を覆う

請求項1に記載のS A Wフィルタ。

【請求項3】

前記基板は段部を有し、
前記電極は前記段部の頂部に設けられた

請求項1に記載のS A Wフィルタ。

【請求項4】

前記A1原子拡散防止層が
少なくとも前記第1の層の側壁を覆う

請求項3に記載のS A Wフィルタ。

【請求項5】

前記 A 1 原子拡散防止層は前記段部の側壁の少なくとも一部を覆う請求項 3 又は請求項 4 に記載の S A W フィルタ。

【請求項 6】

前記電極が

前記第 1 の層と前記基板との間に下地層を有する

請求項 1 に記載の S A W フィルタ。

【請求項 7】

前記 A 1 原子拡散防止層が

少なくとも前記第 1 の層の側壁を覆う

請求項 6 に記載の S A W フィルタ。

10

【請求項 8】

前記 A 1 原子拡散防止層は前記下地層の側壁の少なくとも一部を覆う

請求項 6 又は請求項 7 に記載の S A W フィルタ。

【請求項 9】

A 1 を含む金属層を有する電極を基板上に形成する工程と、

前記電極と同時に A 1 拡散防止層の少なくとも一部をスパッタエッチングにより前記電極の側壁に形成する工程と

を含む、弾性表面波フィルタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

本発明は楕形電極等の、基板上に形成された電極を有する弾性表面波フィルタとその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

特開平 3 - 1 4 3 0 8 号に開示されている従来の弾性表面波デバイスは圧電基板とその上に設けられた C u、T i、N i、M g、P d 等の耐マイグレーション特性に優れた添加物が微量添加された結晶方位的に一定方向に配向したエピタキシャル成長アルミニウム膜の電極を備え、その膜によってマイグレーション防止機能を持つ。

【0003】

30

【発明が解決しようとする課題】

その電極はエピタキシャル成長アルミニウム膜からなる単層膜であり、その電極粒径は膜厚と同程度までに成長している。そのためその電極はある膜厚以上では弾性表面波の伝搬に伴う応力に対して脆くなり、耐電力性が劣化する。特に粒界のない単結晶膜の電極では、長時間の応力の印加に対し亜粒界が形成され、結果その部分に応力が集中し逆に弾性表面波の伝搬に伴う応力に対して脆くなる。

【0004】

【課題を解決するための手段】

弾性表面波の伝搬に伴う応力に対して耐性の向上した弾性表面波 (S A W) フィルタを提供する。

40

【0005】

その S A W フィルタは、基板と、前記基板上に設けられた電極とを備え、前記電極は A 1 を含む金属からなる第 1 の層を少なくとも有し、前記電極の側壁には A 1 原子拡散防止層を設けた構成としている。

【0006】

その S A W フィルタの製造方法は A 1 を含む金属層を有する電極を形成する工程と、前記電極と同時に A 1 拡散防止層の少なくとも一部をスパッタエッチングにより前記電極の側壁に形成する工程とを含む。

【0007】

【発明の実施の形態】

50

(実施の形態1)

図1は本発明の実施の形態における弾性表面波(SAW)フィルタの斜視図、図2はフィルタの構成図である。そのSAWフィルタは基板1と、その上面に形成された電極2からなる弾性波共振子を備え、5つの共振子が梯子型に接続されたいわゆるラダー型表面弾性波フィルタである。電極2は櫛形電極21および反射器22により構成されている。本発明の実施の形態においては基板1はタンタル酸リチウムの36°回転Yカット基板である。また実施の形態1においては櫛形電極の櫛間ピッチは約0.6μmである、中心周波数が1.8GHzのバンドパスフィルタを説明する。

【0008】

図3～図6は実施の形態1における実施例1～4のSAWフィルタの要部である電極の断面図である。図7～図10は比較例1～4のSAWフィルタの電極の断面図である。

10

【0009】

実施例1の電極102は図3に示すように、基板1上に形成された膜厚が200nmの第1の層4である。

【0010】

実施例2の電極112は図4に示すように、基板1側から順に積層された膜厚が200nmの第1の層4と、第1の層のAl原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第2の層5とを有する。

【0011】

実施例3の電極122は図5に示すように、基板1から順に積層された下地層3と、膜厚が200nmの第1の層4とを有する。

20

【0012】

実施例4の電極132は図6に示すように、基板1から順に積層された下地層3と、膜厚が200nmの第1の金属層4と、第1の金属層の粒界拡散を防止する層5とを有する。

【0013】

比較例1の電極142は図7に示すように、基板1上に形成された膜厚が200nmの金属層4である。

【0014】

比較例2の電極152は図8に示すように、基板1上に形成された膜厚が250nmの金属層4である。

30

【0015】

比較例3の電極162は図9に示すように、基板1から順に積層された膜厚が200nmの第1の金属層4と、第1の金属層のAl原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第2の金属層5とを有する。

【0016】

比較例4の電極172は図10に示すように、基板1から順に積層された下地層となる第1の金属層3と、膜厚が200nmの第2の金属層4とを有する。

【0017】

実施例1～4および比較例1～4の電極の各層の材料および膜厚、成膜方法を表1に示す。

40

【0018】

【表1】

	層数		下地層	第1の層	第2の層	成膜方法	電極断面図
実施例 1	1	材料 膜厚	- -	*AlZrCu 200	- -	IBS	図 3
実施例 2	2	材料 膜厚	- -	*AlZrCu 200	Ti 20	IBS	図 4
実施例 3	2	材料 膜厚	Ti 20	*AlZrCu 200	- -	DCMS	図 5
実施例 4	3	材料 膜厚	Ti 10	*AlZrCu 200	Ti 10	DCMS	図 6
比較例 1	1	材料 膜厚	- -	AlZrCu 200	- -	DCMS	図 7
比較例 2	1	材料 膜厚	- -	*AlZrCu 250	- -	IBS	図 8
比較例 3	2	材料 膜厚	- -	AlZrCu 200	Ti 20	DCMS	図 9
比較例 4	2	材料 膜厚	Cr 20	AlZrCu 200	- -	DCMS	図 10

※IBS:イオンビームスパッタリング, DCMS:DCマグネトロンスパッタリング

※材料の欄において*は(111)の配向膜を示す。

※膜厚の単位:nm

【0019】

表1にあるように、実施の形態1におけるAlもしくはAlを主体とした金属はAlZrCu合金である。下地層および第2の層を有する電極は比較例4を除きTiを用いている。比較例4については下地層にCrを用いた。成膜はイオンビームスパッタおよびDCマグネトロンスパッタのいずれかにより行った。これらの電極膜の成膜後にX線回折の-2法により調べた結果、電極の配向性は、イオンビームスパッタにより電極膜を成膜した実施例1、実施例2、比較例2および下地層3にTiを用いた実施例3、実施例4のAlZrCu層についてはAlの(111)面のピークのみ観測され、Al合金層は(111)軸が基板に対し垂直方向に配向した配向膜となっていることが確認された。その他の電極膜については特定の結晶面からのピークは観測されず、配向膜ではなく無配向な多結晶膜であることを確認している。実施の形態1において用いたフィルタの設計膜厚はAl電極をもちいた場合200nmである。電極の厚さや材料に伴う特性のずれについては楕型電極のピッチを変えることで中心周波数がほぼ1.8GHzになるように調節した。電極はフォトリソグラフィおよびドライエッチング法によってパターン形成された。パターン形成後ダイシングしてチップに分割し、チップはセラミックパッケージにダイボンドを施され、ワイヤーボンドにより電氣的接続された。その後窒素雰囲気中で蓋が溶接され気密封止されて電極を有するSAWフィルタを作成した。

【0020】

本実施例において作成されたフィルタに対し、ラダー型フィルタの最弱点である通過帯域中の最も高い周波数の信号をデバイスに印加して耐電力性試験を行った。試験開始後定期的に試験を中断しSAWフィルタの特性を測定した。通過帯域の挿入損失が0.5dB以上増加した時点デバイスの劣化と定義し、試験開始後デバイスが劣化に至るまでの総試験時間を寿命とした。加速劣化試験においては、加速劣化要因として電力と温度を用いた。チップ表面の温度を一定に保ち、幾つかの印加電力下での寿命を測定する電力加速劣化試験および、印加電力を一定に保ち、幾つかのチップ温度下での寿命を測定する温度加速劣化試験のフィルタの2種類の加速劣化試験を行った。その2つの試験の結果からアイリングモデルをもちいて、印加電力1W、環境温度50の時の寿命を推定した。耐電力性としては寿命が5万時間以上であることを評価の目安とした。表1に示した電極を有するSAWフィルタの推定寿命を表2に示す。表2にはAlZrCu層の各電極膜の結晶粒径もあわせて示す。

【0021】

【表2】

10

20

30

40

	結晶粒径 (nm)	推定寿命 (時間)		結晶粒径 (nm)	推定寿命 (時間)
実施例 1	200	55,000	比較例 1	200	1,500
実施例 2	200	70,000	比較例 2	250	12,000
実施例 3	200	56,000	比較例 3	200	5
実施例 4	200	74,000	比較例 4	200	1,500

【 0 0 2 2 】

表 2 から実施例 1 ~ 4 の電極を用いた S A W フィルタは、推定寿命 5 万時間を越えているのに対し、比較例 1 ~ 4 のフィルタは 5 万時間以下であった。A l Z r C u 層の結晶粒径はどの電極もほぼ膜厚と同じ程度であった。しかし比較例 2 のフィルタは寿命が 5 万時間をこえてはいないものの他の比較例と違いかなり耐電力性が改善されている。実施例 1 の電極と比較例 2 の電極の違いはその膜厚および結晶粒径である。導体膜の場合、その結晶粒径は膜厚に比例して大きくなる。配向膜の単層電極を電極膜として有する S A W デバイスでは、電極の膜厚が 2 0 0 n m 以下で寿命が 5 万時間を越える。ただし耐電力性のばらつきを考慮して、好ましくは膜厚を 1 0 0 n m 未満とすることが望ましい。これらの結果から、耐電力性の高い電極を得るには、A l もしくは A l を主体とする層が配向膜からなりかつ結晶粒径が小さいことが必要である。結晶粒径を小さくするには膜厚を制限することが有効である。

10

【 0 0 2 3 】

(実施の形態 2)

図 1 1 ~ 図 1 4 は本発明の実施の形態 2 における実施例 5 ~ 8 の弾性表面波 (S A W) フィルタの要部である電極の断面図である。図 1 5 は比較例 5 の S A W フィルタの電極の断面図である。

20

【 0 0 2 4 】

実施例 5 の電極 1 8 2 は図 1 1 に示すように、基板 1 の段部 7 の頂部に形成された膜厚が 2 0 0 n m の第 1 の層 4 である。

【 0 0 2 5 】

実施例 6 の電極 1 9 2 は図 1 2 に示すように、基板 1 の段部 7 の頂部に形成された、基板 1 から順積層された下地層 3 と、膜厚が 2 0 0 n m の第 1 の層 4 とを有する。

【 0 0 2 6 】

実施例 7 の電極 2 0 2 は図 1 3 に示すように、基板 1 の段部 7 の頂部に形成された、基板 1 から順に積層された膜厚が 2 0 0 n m の第 1 の金属層 4 と、第 1 の金属層の粒界拡散を防止する第 2 の層 5 とを有する。

30

【 0 0 2 7 】

実施例 8 の電極 2 1 2 は図 1 4 に示すように、基板の段部 7 の頂部に形成された、基板 1 から順に積層された下地層 3 と、膜厚が 2 0 0 n m の第 1 の金属層 4 と、第 1 の金属層の粒界拡散を防止する第 2 の層 5 とを有する。

【 0 0 2 8 】

比較例 5 の電極 2 2 2 は図 1 5 に示すように、基板 1 上に形成された膜厚が 3 0 0 n m の金属層 4 である。

40

【 0 0 2 9 】

実施例 5 ~ 8 および比較例 5 の電極の各層の材料および膜厚、成膜方法を表 3 に示す。

【 0 0 3 0 】

【表 3】

	層数	基板 段部 (nm)		下地 層	第1の層	第2の 層	成膜 方法	電極 断面図
実施例 5	1	20	材料 膜厚	- -	*AlMgCu 200	- -	IBS	図 11
実施例 6	2	15	材料 膜厚	Ti 20	*AlMgCu 200	- -	DCMS	図 12
実施例 7	2	15	材料 膜厚	- -	*AlMgCu 200	Ti 20	IBS	図 13
実施例 8	3	10	材料 膜厚	Ti 20	*AlMgCu 200	Ti 20	DCMS	図 14
比較例 5	1	-	材料 膜厚	- -	*AlMgCu 300	- -	IBS	図 15

※IBS:イオンビームスパッタリング、DCMS:DCマグネトロンスパッタリング

※材料の欄において*は(111)の配向膜を示す。

※膜厚の単位:nm

【0031】

表3にあるように、本実施の形態2におけるAlもしくはAlを主体とした金属層としてはAlMgCu合金をもちいた。下地層および第2の層を有する電極についてはTiを用いている。電極はイオンビームスパッタおよびDCマグネトロンスパッタのいずれかにより成膜した。これらの電極膜について、電極膜成膜後X線回折の-2法により調べた各電極の配向性につき、実施例5、実施例6、実施例7、実施例8、比較例5の何れもAlMgCu層についてはAlの(111)面のピークのみ観測され、Al合金層は(111)軸が基板に対し垂直方向に配向した配向膜となっていることが確認された。実施の形態2におけるフィルタの構成は実施の形態1と同じとし、設計膜厚300nmのAl電極をもちいた、中心周波数がほぼ1.75GHzのフィルタを試験した。電極の厚さや材料に伴う特性のずれに対しては基板に設けた段部の段差をかえることにより中心周波数がほぼ1.75GHzになるように調節した。従って実施例5~8および比較例5の櫛型電極の電極間ピッチはほぼ一致している。電極はフォトリソグラフィおよびリアクティブイオンエッチング法によってパターン形成した。エッチングガスとしてはBCl₃とCl₂の混合ガスを用いた。従ってリアクティブイオンエッチングにおいて、Cl*ラジカルおよびBCl₃*ラジカルによるケミカルエッチングと同時にBCl₃+イオンによってスパッタエッチングによってパターン形成が行われる。実施例5~8における基板の段部はエッチング時間をコントロールすることで形成される。パターン形成後基板をダイシングして分割し、分割された各チップがセラミックパッケージにダイボンドを施される。さらに各チップはワイヤーボンドにより電氣的に接続される。その後窒素雰囲気中で蓋を溶接し気密封止を行い各電極を有するSAWフィルタを作成した。

【0032】

実施の形態2のフィルタにおいて、実施の形態1の場合と同様の方法で耐電力性を評価した。表3に示した電極を有するSAWフィルタの推定寿命を表4に示す。表4にはあわせて各電極膜のAlMgCu層4の結晶粒径もあわせて示す。

【0033】

【表4】

	結晶粒径 (nm)	推定寿命 (時間)		結晶粒径 (nm)	推定寿命 (時間)
実施例5	200	55,000	比較例6	300	9,500
実施例6	200	56,000			
実施例7	200	70,000			
実施例8	200	74,000			

【0034】

表4から分かるように、実施例5~8の電極を用いたSAWフィルタについては、目安とする推定寿命5万時間を越えているのに対し、比較例5のフィルタにおいては5万時間以下であった。またAlMgCu層の結晶粒径はどの電極もほぼ膜厚と同じ程度であった

10

20

30

40

50

。実施の形態 2 においては前述のように、フィルタの A 1 電極の設計膜厚は 300 nm である。基板に段部を設けこれを電極の一部とし、A 1 もしくは A 1 を主体とした金属の層の膜厚を 200 nm 以下とすることにより、フィルタは実施の形態 1 で示した実施例 1 ~ 4 の電極と同程度の耐電力性を実現し、耐電力性の目安である 5 万時間以上の寿命を実現している。これらの結果から、所望のフィルタ特性を実現するために電極膜の膜厚が 200 nm 以上必要とする SAW フィルタにおいて、所望の特性を実現すると同時に耐電力性の向上を図るのに、基板に段部を設けこれを電極の一部とし、A 1 もしくは A 1 を主体とする層は膜厚を 200 nm 以下にし結晶粒径を小さくするとともに配向膜とすることが有効である。

【0035】

10

(実施の形態 3)

図 16 ~ 図 19 は本発明の実施の形態 3 における実施例 9 ~ 12 の弾性表面波 (SAW) フィルタの要部である電極の断面図である。図 20 は比較例 6 の SAW フィルタの電極の断面図である。

【0036】

実施例 9 の電極 232 は図 16 に示すように、基板 1 から順に積層された、膜厚が 200 nm の第 1 の金属層 4 と、第 1 の金属層 4 の A 1 原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第 2 の層 5 と、電極 232 の膜厚を調節する第 3 の層 6 とを有する。

【0037】

実施例 10 の電極 242 は図 17 に示すように、基板 1 から順に積層された下地層 3 と、膜厚が 200 nm の第 1 の金属層 4 と、第 1 の金属層 4 の A 1 原子の基板に対して垂直方向の粒界拡散を防止する第 2 の層 5 と、電極 242 の膜厚を調節する第 3 の層 6 とを有する。

20

【0038】

実施例 11 の電極 252 は図 18 に示すように、基板 1 の段部 7 の頂部に形成されて膜厚が 200 nm の第 1 の金属層 4 と、第 1 の金属層 4 の A 1 原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第 2 の層 5 と、電極 252 の膜厚を調節する第 3 の層 6 とを有する。

【0039】

実施例 12 の電極 262 は図 19 に示すように、基板 1 の段部 7 の頂部に形成され、基板 1 から順に積層された下地層 3 と、膜厚が 200 nm の第 1 の金属層 4 と、第 1 の金属層 4 の粒界拡散を防止する第 2 の層 5 と、電極 262 の膜厚を調節する第 3 の層 6 とを有する。

30

【0040】

比較例 6 の電極 272 は図 20 に示すように、基板 1 側から順に積層された下地層 3 を、膜厚が 200 nm の第 1 の金属層 4 と、第 1 の金属層 4 の A 1 原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第 2 の層 5 と、電極 272 の膜厚を調節する第 3 の層 6 とを有する。

【0041】

実施例 9 ~ 12 および比較例 6 の電極の各層の材料および膜厚、成膜方法を表 5 に示す。

40

【0042】

【表 5】

	層数	基板 段部 (nm)		下地層	第1の 層	第2の 層	第3の 層	成膜 方法	電極 断面図
実施例 9	3	-	材料 膜厚	- -	*AlMg 200	Ti 10	AlMg 260	IBS	図 16
実施例 10	4	-	材料 膜厚	Ti 10	*AlMg 200	Ti 10	AlMg 250	DCMS	図 17
実施例 11	3	10	材料 膜厚	- -	*AlMg 200	Ti 10	AlMg 200	IBS	図 18
実施例 12	4	7	材料 膜厚	Ti 10	*AlMg 200	Ti 10	AlMg 200	DCMS	図 19
比較例 6	4	-	材料 膜厚	Ti 10	*AlMg 280	Ti 10	AlMg 200	DCMS	図 20

※IBS:イオンビームスパッタリング, DCMS:DCマグネトロンスパッタリング

※材料の欄において*は(111)の配向膜を示す。

※膜厚の単位: nm

10

【0043】

表5にあるように、実施の形態3におけるAlもしくはAlを主体とした金属としてはAlMg合金をもちいた。また下地層および第2の層についてはTiを用いている。層はイオンビームスパッタおよびDCマグネトロンスパッタのいずれかにより成膜した。電極膜成膜後X線回折の-2法により調べた各電極の配向性については、実施例9、実施例10、実施例11、実施例12、比較例6の何れもAlMg層についてはAlの(111)面のピークのみ観測され、Al合金層は(111)軸が基板に対し垂直方向に配向した配向膜となっていることが確認された。ただし電極は第1の層および第3の層の2層のAlMg層を有するため、下地層および第1の層のサンプルを別途同一成膜条件で作成しその配向性を確認した。実施の形態3において用いたフィルタの構成は実施の形態1と同じであり、ただし設計膜厚480nmのAl電極を有するフィルタは中心周波数がほぼ800MHzなる設計である。電極の厚さや材料に伴う特性のずれについては、基板に設けた段部の段差および第3の層の層厚をかえることによりフィルタは中心周波数がほぼ800MHzになるように調節した。従って実施例9~12および比較例6の櫛型電極の電極間ピッチはほぼ一致している。電極およびフィルタは実施の形態2と同様の方法で作成された。

20

【0044】

実施の形態3においても、フィルタの耐電力性を実施の形態1の場合と同様に評価した。表5に示した各電極を有する各SAWフィルタの推定寿命を表6に示す。表6には各電極膜の第1の層であるAlMg層の結晶粒径もあわせて示した。

30

【0045】

【表6】

	結晶粒径 (nm)	推定寿命 (時間)		結晶粒 (nm)	推定寿命 (時間)
実施例9	200	53,000	比較例6	280	8,800
実施例10	200	55,000			
実施例11	200	57,000			
実施例12	200	58,000			

※結晶粒径は第1の層の結晶粒径を示す。

40

【0046】

表6から分かるように、実施例9~12の電極を用いたSAWフィルタについては推定寿命が5万時間を越えているのに対し、比較例6においては5万時間以下であった。また各電極膜の第1の層であるAlMg層の結晶粒径はどの電極もほぼ層厚と同じ程度であった。実施の形態2においては前述のように用いたフィルタのAl電極の設計膜厚は480nmであるが、AlもしくはAlを主体とした第1の層の上に前記第1の層の層厚を制限する第2の層および電極膜厚を調整するための第3の層を設けるか、基板に段部を設けこれを電極の一部とすることで、第1の金属の層の膜厚を200nm以下とする。これにより、フィルタは高耐電力性を有し、耐電力性の目安である5万時間以上の寿命を有する。実施例9、実施例10のフィルタにおいては試験後、電極が劣化した部分以外にも櫛型電

50

極の表面に Al の拡散によるヒロックが形成されているのが観察された。これらの Al 原子の拡散は膜厚の調整層である第 3 の層の劣化によるものである。一方実施例 11、実施例 12 についてはそれが観測されなかったことから、Al もしくは Al を主体とする第 3 の層についても 200 nm 以下の層厚にすることが好ましい。さらに第 3 の層の上に第 3 の層からの Al 原子の拡散を抑制するための第 4 の層を設けてもよい。また、実施例 11、実施例 12、比較例 6 のフィルタについては、試験後の電極を観察したところ電極表面には Al 原子の拡散によるヒロックは観測されなかったが、櫛型電極間にサイドヒロックという形で発生していることが観察された。これらの結果から、所望のフィルタ特性のために電極膜の膜厚が 200 nm 以上必要とする SAW フィルタの特性を実現すると同時に耐電力性の向上を図るのに、Al もしくは Al を主体とした膜厚 200 nm 以下の第 1 の層の上に前記第 1 の層の層厚を制限する第 2 の層および電極膜厚を調整するための第 3 の層を設ける。さらに第 3 の層が厚くならないように、基板に段部を設けこれを電極の一部とし、Al もしくは Al を主体とする層の膜厚を 200 nm 以下にすることで結晶粒径を小さくできる。

10

【0047】

(実施の形態 4)

図 21 ~ 図 23 は本発明の実施の形態 4 における実施例 13 ~ 18 の弾性表面波 (SAW) フィルタの要部である電極の断面図である。比較例 7 ~ 10 の SAW フィルタの電極の断面図は図 21 の電極と同様である。

【0048】

20

実施例 13、14 の電極 282 は図 21 に示すように、基板 1 から順に積層された、Al もしくは Al を主体とする膜厚が 200 nm の第 1 の金属層 4 と、第 1 の金属層の Al 原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第 2 の層 5 と、電極 282 の膜厚を調節する第 3 の層 6 とを有する。電極 282 の側壁には第 1 の金属層 4 の Al 原子の粒界拡散を防止するための拡散防止層 8 が形成される。拡散防止層 8 は図 21 に示されているように基板にまで至っていない。

【0049】

実施例 15、16 の電極 292 は図 22 に示すように、基板 1 から順に積層された下地層 3 と、膜厚が 200 nm の第 1 の金属層 4 と、第 1 の金属層 4 の Al 原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第 2 の層 5 と、電極 292 の膜厚を調節する第 3 の層 6 とを有する。電極 292 の側壁には第 1 の金属層 4 の Al 原子の粒界拡散を防止するための拡散防止層 8 が形成される。拡散防止層 8 は図 22 に示されているように基板にまで至っていないが第 1 の金属層 4、第 2 の層 5、第 3 の層 6 の側壁および下地層 3 の側壁の一部を覆っている。

30

【0050】

実施例 17、18 の電極 302 は図 23 に示すように、基板 1 の段部 7 の頂部に形成されており、膜厚が 200 nm の第 1 の金属層 4 と、第 1 の金属層 4 の Al 原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第 2 の層 5 と、電極 302 の膜厚を調節する第 3 の層 6 とを有する。電極 302 の側壁には第 1 の金属層 4 の Al 原子の粒界拡散を防止するための拡散防止層 8 が形成されている。拡散防止層 8 は図 23 に示されているように基板底部にまで至っていない。しかし拡散防止層 8 は第 1 の金属層 4、第 2 の層 5、第 3 の層 6 の側壁および基板 1 の段部 7 の側壁の一部を覆っている。

40

【0051】

比較例 7、8、9、10 の電極は実施例 13、14 と同様の図 21 に示される構成とした。

【0052】

実施例 13 ~ 18 および比較例 7 ~ 10 の電極の各層の材料および膜厚、成膜方法を表 7 に示す。

【0053】

【表 7】

50

	層数	基板部 (nm)		下地層	第1の層	第2の層	第3の層	成膜方法	電極断面図
実施例13	3	-	材料 膜厚	- -	*AlMg 200	Ti 20	AlMg 240	IBS	図 21
実施例14	3	-	材料 膜厚	- -	*AlMg 200	Cu 20	AlMg 210	IBS	
実施例15	4	-	材料 膜厚	Ti 10	*AlMg 200	Ti 20	AlMg 230	DCMS	図 22
実施例16	4	-	材料 膜厚	Ti 10	*AlMg 200	Cu 20	AlMg 200	DCMS	
実施例17	3	10	材料 膜厚	- -	*AlMg 200	Ti 20	AlMg 180	DCMS	図 23
実施例18	3	10	材料 膜厚	- -	*AlMg 200	Cu 10	AlMg 150	DCMS	
比較例7	3	-	材料 膜厚	- -	AlMg 200	Ti 20	AlMg 250	DCMS	図 21
比較例8	3	-	材料 膜厚	- -	AlMg 200	Cu 20	AlMg 220	DCMS	
比較例9	3	-	材料 膜厚	- -	*AlMg 300	Ti 20	AlMg 160	IBS	
比較例10	3	-	材料 膜厚	- -	*AlMg 300	Cu 20	AlMg 260	IBS	

※IBS:イオンビームスパッタリング、DCMS:DCマグネトロンスパッタリング

※材料の欄において*は(111)の配向膜を示す。

※膜厚の単位:nm

10

20

【0054】

表7にあるように、実施の形態4におけるAlもしくはAlを主体とした金属4としてはAlMg合金をもちいた。下地層についてはTiを用いた。また実施例13、実施例15、実施例17、比較例7、比較例9において第2の層はTiを、実施例14、実施例16、実施例18、比較例8、比較例10において第2の層はCuを用いた。層はイオンビームスパッタおよびDCマグネトロンスパッタのいずれかにより成膜した。これらの電極膜成膜後X線回折の2θ法により調べられた各電極の配向性について、実施例13～18、比較例9、10の何れもAlMg層についてはAlの(111)面のピークのみ観測され、Al合金層は(111)軸が基板に対し垂直方向に配向した配向膜となっていることが確認された。ただしAlMg層が第1と第3の層の2層あるため、下地層および第1の層の2層のサンプルを別途同一成膜条件で作成しその配向性を確認した。比較例7、8については特定の結晶面からのピークは観測されず、配向膜ではなく無配向な多結晶膜であることを確認している。実施の形態4において用いたフィルタの構成および設計は発明の実施の形態3と同様である。電極は全てAr⁺イオンによるイオンミリング法によってパターン形成した。イオンミリング法はスパッタリングによって物理的にパターン形成するためスパッタされた原子の一部は電極側壁に付着し、パターン形成と同時に拡散防止層が形成される。ただし電極側壁を完全に覆うことはできず、拡散防止層は基板底部にまで形成されない。

30

【0055】

表7に示した各電極を有する各SAWフィルタの推定寿命を表8に示す。また、表8には各電極膜の第1の層のAlMg層の結晶粒径もあわせて示す。

40

【0056】

【表8】

	結晶粒径 (nm)	推定寿命 (時間)		結晶粒径 (nm)	推定寿命 (時間)
実施例 13	200	58,000	比較例 7	200	14
実施例 14	200	63,000	比較例 8	200	170
実施例 15	200	85,000	比較例 9	300	120
実施例 16	200	100,000	比較例 10	300	1200
実施例 17	200	85,000			
実施例 18	200	100,000			

※結晶粒径は第1の層の結晶粒径を示す。

【0057】

表8から分かるように、実施例13～18の電極を用いたSAWフィルタは、目安とする推定寿命5万時間を越えているのに対し、比較例7～10のフィルタにおいては5万時間以下であった。また各電極膜の第1の層のAlMg層の結晶粒径はどの電極もほぼ層厚と同じ程度であった。実施例13、実施例14、および比較例においては試験後、電極が劣化した部分以外にも櫛型電極側壁にサイドヒロックが形成されているのが観察された。このサイドヒロックは電極の側壁に設けられた第1の金属層のAl原子の粒界拡散を防止するための拡散防止層と基板の間から発生していた。実施例15～実施例18については電極が劣化した部分以外に電極の劣化が観測されなかった。したがって拡散防止層が下地層の一部もしくは基板段部の側壁の一部まで覆いかつ第1の金属層を完全に覆っていたために、電極側壁へのAl原子の粒界拡散が抑制されていたと考えられる。また第2の金属層にCuを用いたフィルタはTiを用いたものと比べ、耐電力性が向上している。CuはAlの自己拡散係数よりもAlに対する拡散係数が大きい金属であるため、デバイス作成工程中の加熱工程において第2の層の粒界にCuが拡散し、Al原子の粒界拡散経路がCu原子により塞がれる。そのため基板に水平方向のAl原子の粒界拡散についても抑制されたものと考えられる。CuはAl中に拡散しやすいだけでなく、Alとの間で簡単に金属間化合物を形成し、また第2の層粒径も大きく成長しやすい。そのため、工程中の温度変化やCu層の膜厚等でAl原子抑制効果が大きく変わり、更に電極膜の抵抗値も上がりやすく、フィルタの耐電力性、フィルタ特性ともばらつきが若干多かった。従ってAlの自己拡散係数よりもAlに対する拡散係数が大きい金属を用いた第2の層は耐電力性への効果は大きい、それぞれのフィルタで層厚の最適値があり、工程の管理とくに加熱工程の管理が必要である。特にAlもしくはAlを主体とした金属の第1の層の層厚が200nm以下の場合、Cuの第2の層の層厚は20nm以下、好ましくは10nm以下であることが望ましい。また工程中の加熱工程については250以下、好ましくは200以下の温度が望ましい。Alの自己拡散係数よりもAlに対する拡散係数が小さい金属を用いた第2の層は、AlもしくはAlを主体とした金属の第1の層のAl原子の基板に対する水平方向への粒界拡散に対する抑制効果はあまり期待できないが、フィルタの耐電力性および特性は安定していた。これらの結果からAlもしくはAlを主体とした金属の第1の層からのAl原子の基板に対し水平方向への粒界拡散を抑制する拡散抑制層は、第1の層の側壁を完全に覆うことが効果的である。その拡散抑制層を形成する方法は、パターン形成をスパッタエッチングにより行い更に下地層を設けるかもしくは基板を削り段部を形成することが有効である。またこの方法によって電極側壁に形成された拡散抑制層は自然とAlもしくはAlを主体とした第1の金属層と下地層もしくは基板の材料との合金層もしくは積層膜となり耐マイグレーション性がよい。

【0058】

(実施の形態5)

図24～図26は実施の形態5における実施例19～23の弾性表面波(SAW)フィルタの要部である電極の断面図である。図27は比較例11のSAWフィルタの電極の断

10

20

30

40

50

面図である。

【0059】

実施例19, 20の電極312は図24に示すように、基板1の段部7の頂部に形成されており、膜厚が200nmの第1の金属層4と、第1の金属層のAl原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第2の層5と、電極312の膜厚を調節する第3の層6とを有する。また電極パターン形成後に、実施例19では厚さ100nmの窒化珪素、実施例20では厚さ100nmの酸化珪素による保護膜9が電極312上に形成される。電子顕微鏡による観察の結果、図24に示されているように保護膜は基板段部の楕型電極と電極間の基板の底部との境界部分で十分に膜が形成されておらず不連続になっていた。

【0060】

実施例21, 22の電極322は図25に示すように、基板1から順に積層された下地層3と、膜厚が200nmの第1の金属層4と、第1の金属層のAl原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第2の層5と、電極322の膜厚を調節する第3の層6とを有する。電極322形成後、実施例21では厚さ100nmの窒化珪素、実施例22では厚さ100nmの酸化珪素による保護膜9が電極322上に形成される。電子顕微鏡による観察では、図25に示されているように保護膜9は下地層3と基板1の底部との境界部分で十分に膜が形成されておらず不連続になっていた。

【0061】

実施例23の電極332は図26に示すように、基板1から順に積層された下地層3と、膜厚が200nmの第1の金属層4と、第1の金属層のAl原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第2の層5と、電極332の膜厚を調節する第3の層6とを有する。電極332の形成後、厚さ50nmの窒化珪素9aと厚さ50nmの酸化珪素9bが電極332上に形成される。電子顕微鏡による観察では、図26に示されているように保護膜9aと9bは下地層3と基板1の底部との境界部分で十分に膜が形成されておらず不連続になっていた。

【0062】

比較例11の電極342は図27に示すように、膜厚が200nmの第1の金属層4と、第1の金属層のAl原子の基板に対し垂直方向の粒界拡散を防止する第2の層5と、電極342の膜厚を調節する第3の層6とを有する。電極の形成後、厚さ100nmの窒化珪素による保護膜9が電極342上に形成される。電子顕微鏡による観察では、図27に示されているように保護膜9は電極342と基板1の底部との境界部分で十分に形成されておらず不連続になっていた。

【0063】

実施例19~23および比較例11の電極の各層の材料および膜厚、成膜方法を表9に示す。

【0064】

【表9】

10

20

30

	層数	基板部 (nm)		下地層	第1の層	第2の層	第3の層	保護膜	成膜方法	電極断面図
実施例19	3	10	材料	-	*AlMg	Ti	AlMg	窒化珪素	IBS	図 27
			膜厚	-	200	20	140	100		
実施例20	3	10	材料	-	*AlMg	Ti	AlMg	酸化珪素	IBS	図 28
			膜厚	-	200	20	140	100		
実施例21	4	-	材料	Ti	*AlMg	Ti	AlMg	窒化珪素	DCMS	図 28
			膜厚	10	200	20	190	100		
実施例22	4	-	材料	Ti	*AlMg	Ti	AlMg	酸化珪素	DCMS	図 29
			膜厚	10	200	20	190	100		
実施例23	4	-	材料	Ti	*AlMg	Ti	AlMg	酸化珪素 /窒化珪素	DCMS	図 29
			膜厚	10	200	20	190	50/50		
比較例11	3	-	材料	-	*AlMg	Ti	AlMg	窒化珪素	IBS	図 30
			膜厚	-	200	20	210	100		

※IBS:イオンビームスパッタリング, DCMS:DC マグネトロンスパッタリング

※材料の欄において*は(111)の配向膜を示す。

※膜厚の単位: nm

【0065】

表9に示すように、実施の形態5におけるAlもしくはAlを主体とした金属としてはAlMg合金をもちいた。下地層3および第2の層5についてはTiを用いた。これらの層はイオンビームスパッタおよびDCマグネトロンスパッタのいずれかにより成膜した。これらの電極膜の成膜後のX線回折の-2法によると、各電極の配向性について、実施例19~23、比較例11の何れもAlMg層についてはAlの(111)面のピークのみ観測され、Al合金層は(111)軸が基板に対し垂直方向に配向した配向膜となっていることが確認された。ただし全てのサンプルについてAlMg層が第1と第3の層の2層あるため、第1の層もしくは下地層および第1の層のサンプルを別途同一成膜条件で作成しその配向性を確認した。実施の形態5において用いたフィルタの構成は実施の形態1と同じである。設計膜厚480nmのAl電極を有するときに中心周波数がほぼ800MHzのフィルタを用いた。電極はフォトリソグラフィおよびドライエッチング法によって形成した。電極の形成後に保護膜を形成し、その後電極の電気的接続を行う部分の保護膜をエッチングにより取り除く。そして共振子をアルミナ基板上にフェイスダウン実装した。実施の形態5においてはフィルタは気密封止されていない。実施の形態5においても、フィルタの耐電力性を実施の形態1と同様に評価した。フィルタは保護膜が形成されているものの、表面が大気にさらされた状況で評価された。表9に示した各電極を有する各SAWフィルタの推定寿命を表10に示す。表10には各電極膜の第1の層のAlMg層の結晶粒径もあわせて示す。

【0066】

【表10】

	結晶粒径 (nm)	推定寿命 (時間)		結晶粒径 (nm)	推定寿命 (時間)
実施例19	200	60,000	比較例11	200	320
実施例20	200	65,000			
実施例21	200	60,000			
実施例22	200	65,000			
実施例23	200	65,000			

※結晶粒径は第1の層の結晶粒径を示す。

【0067】

表10から分かるように、実施例19~23の電極を用いたSAWフィルタは、目安とする推定寿命5万時間を越えているのに対し、比較例11のフィルタにおいては5万時間以下であった。また各電極膜の第1の層のAlMg層の結晶粒径はどの電極もほぼ層厚と

10

20

30

40

50

同じ程度であった。実施例 19 と 20 とを比較、さらに実施例 21 と 22 を比較した場合、窒化珪素の保護膜を有するフィルタは酸化珪素の保護膜を有するフィルタに比べ耐電力性が向上することが分かる。窒化珪素の保護膜ではその形成前に比べ形成後のフィルタの電気的特性に若干の劣化が観察された。酸化珪素の保護膜ではその形成前後においてフィルタの電気的特性に変化はなかった。窒化珪素と酸化珪素とを積層した保護膜を有する実施例 23 のフィルタについても保護膜形成前後において電気的特性に変化はなく、また耐電力性についても窒化珪素を単独で用いた場合と同様な向上が見られた。比較例 11 のフィルタは実施の形態 4 の実施例 13 とほぼ同じ電極構成を有して耐電力性に優れた構造であるにもかかわらず推定寿命は 320 時間と短い。これは実施の形態 5 においては気密封止をしていなかったためであると考えられる。実施例 19 ~ 23 のフィルタについては気密封止を行ったものとほぼ同等な耐電力性を示している。このことから、比較例 11 のフィルタは Al もしくは Al を主体とした金属の第 1 の層が完全に保護膜に覆われずに一部が露出していることが原因で寿命が短いと考えられる。保護膜の膜厚が薄い電極の電極間では、電極と基板の底部との境界において図 25 ~ 27 に示したような保護膜の不連続部分が形成されやすい。不連続部分が形成された場合、実施の形態 5 のように基板に段部を設けるもしくは耐湿性に優れた金属の下地層を用いることがフィルタの寿命を延ばすのに有効であることがわかる。

【0068】

保護膜は電極の Al 原子のマイグレーションにより生じるヒロックの発生を抑制し、耐電力性を改善するとともに、電極間のショートを防止しかつ耐湿性を向上させる。

【0069】

なお実施の形態 5 においては耐電力性と保護膜による耐湿性の両立を目的とする電極構造を説明した。基板に段部を設けるもしくは下地層として耐湿性に優れた下地層をもうけた電極に対し保護膜を形成することはフィルタの長寿命化に効果的である。

【0070】

実施の形態 1 ~ 5 はあくまでもある特定のフィルタで電極の構造を説明した。それぞれの膜構成や膜厚、材料等はこれに限定されるものではない。特に Al もしくは Al を主体とする層の層厚は、SAW フィルタの電極の幅 L に対して $0.01L$ 以下にすることが望ましい。これにより十分に導体粉が微細化され弾性表面波の伝播によって電極に受ける応力を十分に分散できる。

【0071】

【発明の効果】

本発明は弾性表面波の伝搬に伴う応力に対して耐性の向上した弾性表面波フィルタとその製造方法を提供する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態における弾性表面波 (SAW) フィルタの斜視図

【図 2】 実施の形態における SAW フィルタの構成図

【図 3】 本発明の実施の形態 1 の実施例 1 における SAW フィルタの要部である櫛型電極の断面図

【図 4】 実施の形態 1 の実施例 2 における SAW フィルタの要部である櫛型電極の断面図

【図 5】 実施の形態 1 の実施例 3 における SAW フィルタの要部である櫛型電極の断面図

【図 6】 実施の形態 1 の実施例 4 における SAW フィルタの要部である櫛型電極の断面図

【図 7】 実施の形態 1 の比較例 1 における SAW フィルタの要部である櫛型電極の断面図

【図 8】 実施の形態 1 の比較例 2 における SAW フィルタの要部である櫛型電極の断面図

【図 9】 実施の形態 1 の比較例 3 における SAW フィルタの要部である櫛型電極の断面

10

20

30

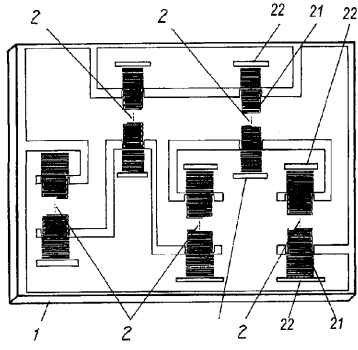
40

50

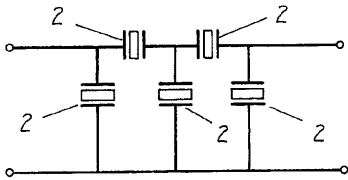
図

- 【図 1 0】 実施の形態 1 の比較例 4 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 1 1】 本発明の実施の形態 2 の実施例 5 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 1 2】 実施の形態 2 の実施例 6 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 1 3】 実施の形態 2 の実施例 7 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 1 4】 実施の形態 2 の実施例 8 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図 10
- 【図 1 5】 実施の形態 2 の比較例 5 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 1 6】 本発明の実施の形態 3 の実施例 9 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 1 7】 実施の形態 3 の実施例 1 0 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 1 8】 実施の形態 3 の実施例 1 1 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 1 9】 実施の形態 3 の実施例 1 2 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図 20
- 【図 2 0】 実施の形態 3 の比較例 6 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 2 1】 本発明の実施の形態 4 の実施例 1 3 , 1 4 、比較例 7 , 8 , 9 , 1 0 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 2 2】 実施の形態 4 の実施例 1 5 , 1 6 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 2 3】 実施の形態 4 の実施例 1 7 , 1 8 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 2 4】 本発明の実施の形態 5 の実施例 1 9 , 2 0 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図 30
- 【図 2 5】 実施の形態 5 の実施例 2 1 , 2 2 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 2 6】 実施の形態 5 の実施例 2 3 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【図 2 7】 実施の形態 5 の比較例 1 1 における S A W フィルタの要部である櫛型電極の断面図
- 【符号の説明】
- 1 基板
 - 2 電極
 - 3 下地層
 - 4 第 1 の層
 - 5 第 2 の層
 - 6 第 3 の層
 - 7 段部
 - 8 拡散防止層
 - 9 保護膜
- 40

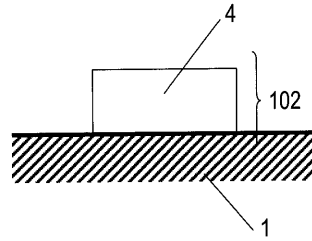
【 図 1 】



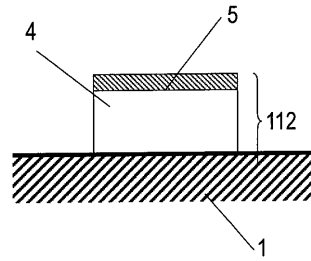
【 図 2 】



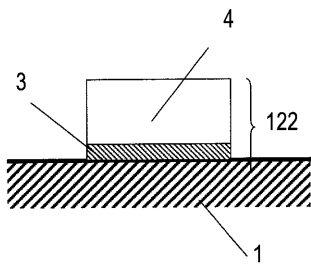
【 図 3 】



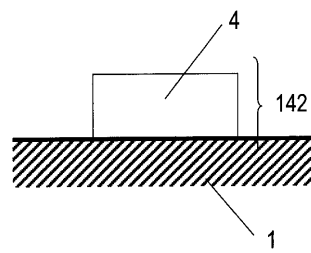
【 図 4 】



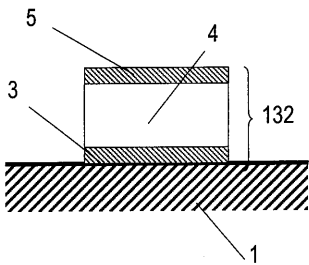
【 図 5 】



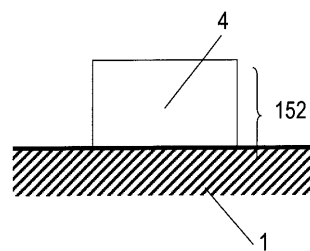
【 図 7 】



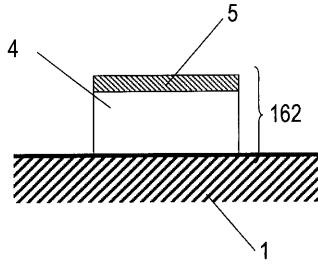
【 図 6 】



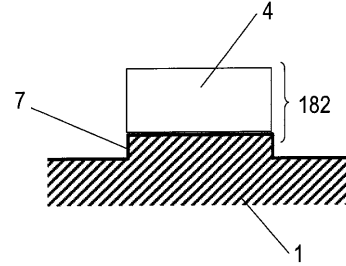
【 図 8 】



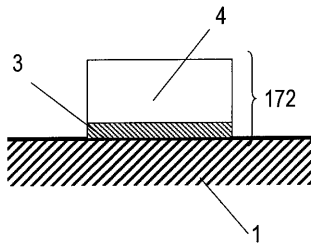
【図 9】



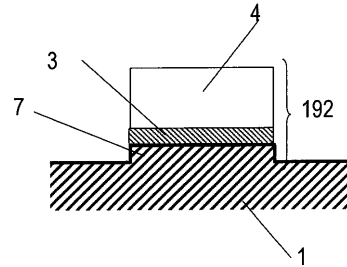
【図 11】



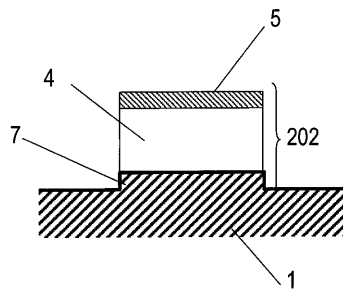
【図 10】



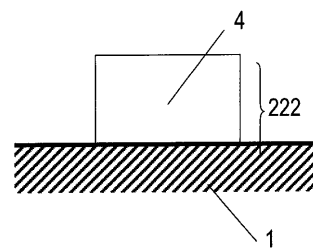
【図 12】



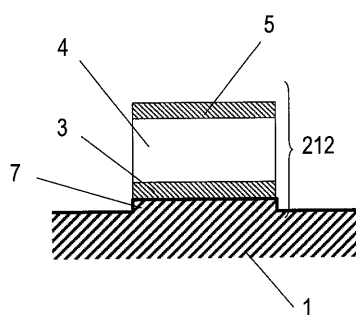
【図 13】



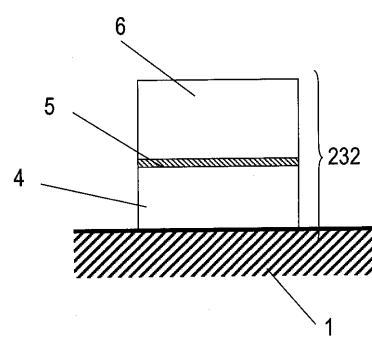
【図 15】



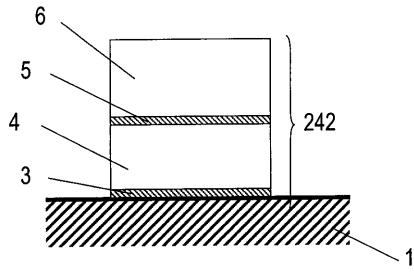
【図 14】



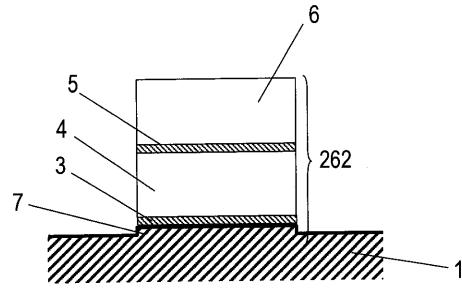
【図 16】



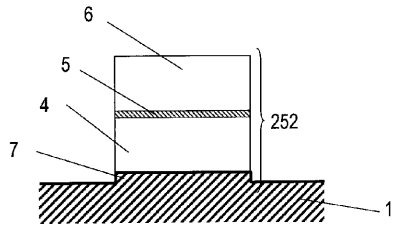
【図17】



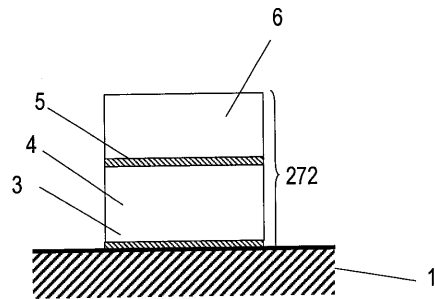
【図19】



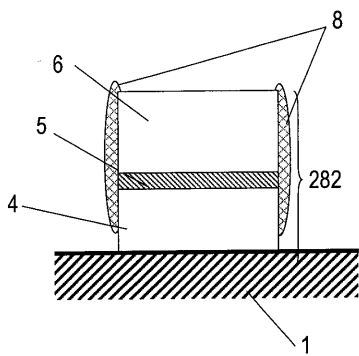
【図18】



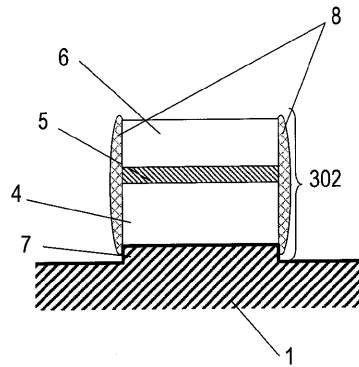
【図20】



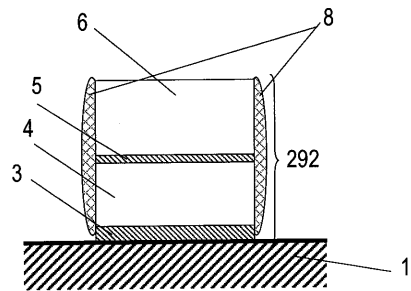
【図21】



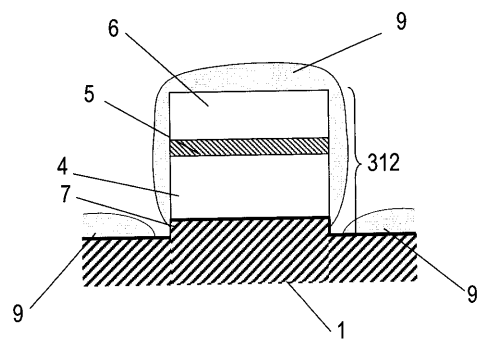
【図23】



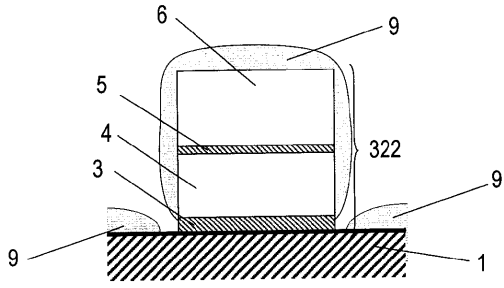
【図22】



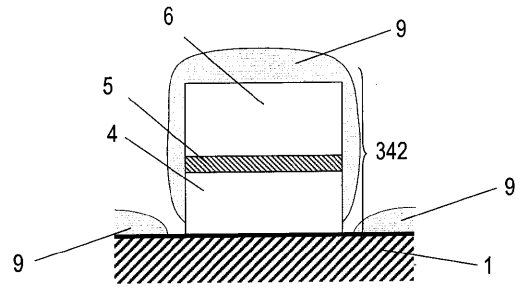
【図24】



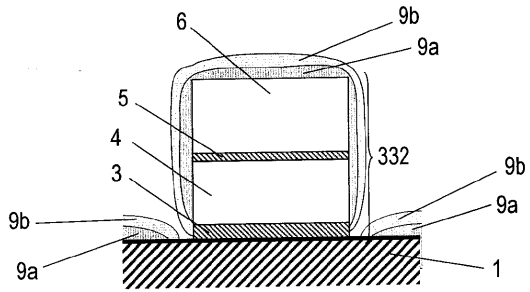
【 2 5 】



【 2 7 】



【 2 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 櫻川 徹
日本国大阪府守口市梅園町2 - 17 - 403
- (72)発明者 横田 康彦
日本国大阪府交野市幾野4 - 9 - 103

審査官 井上 弘巨

- (56)参考文献 特開平10 - 093368 (JP, A)
特開平08 - 139546 (JP, A)
特開平03 - 284009 (JP, A)
特開昭54 - 156455 (JP, A)
特開昭61 - 136312 (JP, A)
国際公開第99 / 054995 (WO, A1)
特開平08 - 288781 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H 9/145
H03H 3/08