

(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2009-77159

(P2009-77159A)

(43) 公開日 平成21年4月9日(2009.4.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO3H 9/17 (2006.01)	HO3H 9/17 F	5J108
HO3H 3/02 (2006.01)	HO3H 3/02 B	
HO1L 41/09 (2006.01)	HO1L 41/08 C	
HO1L 41/22 (2006.01)	HO1L 41/08 L	
HO1L 41/24 (2006.01)	HO1L 41/22 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-244259 (P2007-244259)
 (22) 出願日 平成19年9月20日 (2007.9.20)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100109900
 弁理士 堀口 浩
 (72) 発明者 安本 恭章
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
 (72) 発明者 梁瀬 直子
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
 (72) 発明者 尾原 亮一
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

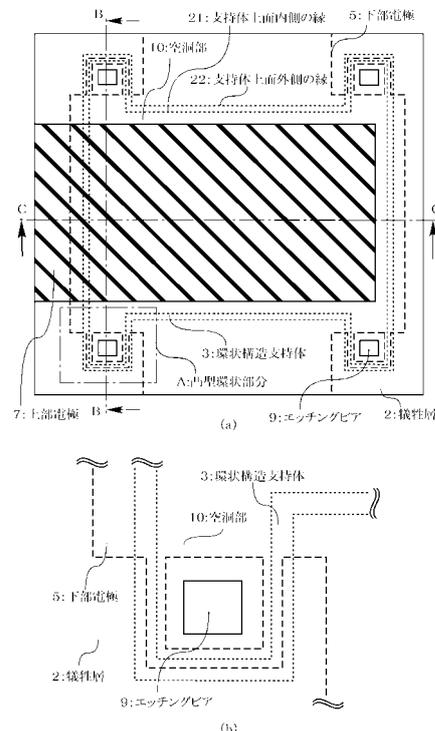
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜圧電共振器及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 薄膜圧電共振器の作成において、犠牲層をエッチングして空洞部を形成する際の製造歩留を向上する。

【解決手段】 基板1と、前記基板1上に形成された環状構造の支持体3と、前記基板1と前記環状構造の支持体3で囲まれた空洞部10を覆って前記支持体3上に形成された保護層4と、前記空洞部10上方に開口部を有して前記空洞部10を覆うように、且つ前記環状構造の支持体3上面の内側の縁21の全域を覆うように前記保護層4上に形成された下部電極5と、前記下部電極5上及び前記保護層4上に形成された圧電体膜6と、前記空洞部10上方に配置され、前記圧電体膜6上に形成された上部電極7と、を具備し、前記開口部は前記保護層4と前記圧電体膜6が直接接合するように形成され、前記圧電体膜6から前記保護層4を貫通し前記空洞部10に達するエッチングビア9を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、
前記基板上に形成された環状構造の支持体と、
前記基板と前記環状構造の支持体で囲まれた空洞部を覆って前記支持体上に形成された保護層と、
前記空洞部上方に開口部を有して前記空洞部を覆うように、且つ前記環状構造の支持体上面の内側の縁の全域を覆うように前記保護層上に形成された下部電極と、
前記下部電極上及び前記保護層上に形成された圧電体膜と、
前記空洞部上方に配置され、前記圧電体膜上に形成された上部電極と、
を具備し、
前記開口部は前記保護層と前記圧電体膜が直接接合するように形成され、前記圧電体膜から前記保護層を貫通し前記空洞部に達するエッチングピアを有していることを特徴とする薄膜圧電共振器。

10

【請求項 2】

前記環状構造の支持体は凸型環状部を有し、前記凸型環状部で囲まれた空洞部上に、前記エッチングピアが形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 3】

前記下部電極は、前記環状構造の支持体のうち前記凸型環状部分において、前記環状構造の支持体上面の外側の縁を覆うように形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の薄膜圧電共振器。

20

【請求項 4】

前記凸型環状部分において、前記環状構造の支持体上面の内側の縁から前記空洞部側の前記下部電極の幅が 100 乃至 300 nm であることを特徴とする請求項 2 または 3 記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 5】

半導体基板上に犠牲層を形成する工程と、
前記犠牲層に環状構造のトレンチを形成する工程と、
前記環状構造のトレンチを埋め込むように環状構造の支持体を形成する工程と、
前記環状構造の支持体上及び前記犠牲層上に保護層を形成する工程と、
前記環状構造の支持体で囲まれた前記犠牲層上方に開口部を有して前記環状構造の支持体で囲まれた前記犠牲層を覆うように、且つ前記環状構造の支持体の上面の内側の縁の全域を覆うようにパターンニングされた下部電極を前記保護層上に形成する工程と、
前記下部電極及び前記保護層上の全面に圧電対膜を形成する工程と、
前記空洞部上方で前記圧電体膜上に上部電極を形成する工程と、
前記下部電極の前記開口部内で前記圧電体膜及び前記保護層を貫通して前記環状構造の支持体で囲まれた前記犠牲層に達するエッチングピアを形成する工程と、
前記エッチングピアを介して前記環状構造の支持体で囲まれた前記犠牲層をエッチングし空洞部を形成する工程と、
を含むことを特徴とする薄膜圧電共振器の製造方法。

30

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、犠牲層をエッチングして空洞部を形成する薄膜圧電共振器、薄膜圧電共振器を用いたフィルタ、及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯電話や携帯情報端末等の無線通信システムは、送受信する情報量増大の要求により、使用周波数の高周波化の傾向にあり、5 GHz 帯程度までの実用化が見込まれる。無線通信システムの高周波回路では、アナログ回路部分にフィルタが使用される。従来

50

から、このようなフィルタには、セラミックフィルタやSAW (Surface Acoustic Wave) フィルタが用いられていた。しかしながら、セラミックフィルタは回路の小型化が難しく、SAWフィルタは楕形電極のプロセス精度の限界から1GHz程度の周波数が限界である。さらに、これらのデバイスは、Si (シリコン) 基板上への集積化が困難であり、小型で高周波動作のデバイスが要求される次世代携帯無線通信システムには適さない。

【0003】

これに対し、圧電体膜を上下の電極で挟んで音響波の定在波を利用する薄膜圧電共振器では、共振周波数は圧電体膜の膜厚と音速によって決まる。薄膜成膜技術によれば、圧電体膜の膜厚が1 - 2 μm程度で2GHz程度、0.4 - 0.8 μm程度で5GHz程度の共振周波数が得られる。また、Siを基板として使用できるので、受動素子や能動素子とともに高周波アナログ回路としてSi基板上に集積化することが可能である。このため、薄膜圧電共振器は、携帯無線通信システムの高周波化のために盛んに開発が行われている。

10

【0004】

薄膜圧電共振器の一例として、基板上に予め犠牲層を成膜しておき、この犠牲層の上に圧電体膜を上下の電極で挟んだ圧電体共振器を形成後、犠牲層をエッチングにより空洞化させて、中空構造の共振器を形成した薄膜圧電共振器がある (たとえば引用文献1参照)

【0005】

しかし、犠牲層の上に直接圧電対膜を上下電極で挟んだ圧電体共振器を形成し、その後、犠牲層をエッチングにより空洞部を形成する構造では、フッ酸 (HF) などのエッチング液では下部電極を腐食し、薄膜圧電共振器の製造歩留を大きく低下させていた。また、電極材料やエッチング液などのエッチング条件に大きな制約が課せられていた。

20

【特許文献1】特開2002-100953号公報 (第4頁、図8)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、薄膜圧電共振器の作成において、犠牲層をエッチングして空洞部を形成する際の製造歩留を向上することにある。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

本発明の一態様による薄膜圧電共振器は、基板と、前記基板上に形成された環状構造の支持体と、前記基板と前記環状構造の支持体で囲まれた空洞部を覆って前記支持体上に形成された保護層と、前記空洞部上方に開口部を有して前記空洞部を覆うように、且つ前記環状構造の支持体上面の内側の縁の全域を覆うように前記保護層上に形成された下部電極と、前記下部電極上及び前記保護層上に形成された圧電体膜と、前記空洞部上方に配置され、前記圧電体膜上に形成された上部電極と、を具備し、前記開口部は前記保護層と前記圧電体膜が直接接合するように形成され、前記圧電体膜から前記保護層を貫通し前記空洞部に達するエッチングビアを有していることを特徴としている。

【0008】

40

また、本発明の一態様である薄膜圧電共振器の製造方法は、半導体基板上に犠牲層を形成する工程と、前記犠牲層に環状構造のトレンチを形成する工程と、前記環状構造のトレンチを埋め込むように環状構造の支持体を形成する工程と、前記環状構造の支持体上及び前記犠牲層上に保護層を形成する工程と、前記環状構造の支持体で囲まれた前記犠牲層上方に開口部を有して前記環状構造の支持体で囲まれた前記犠牲層を覆うように、且つ前記環状構造の支持体の上面の内側の縁の全域を覆うようにパターンニングされた下部電極を前記保護層上に形成する工程と、前記下部電極及び前記保護層上の全面に圧電対膜を形成する工程と、前記空洞部上方で前記圧電体膜上に上部電極を形成する工程と、前記下部電極の前記開口部内で前記圧電体膜及び前記保護層を貫通して前記環状構造の支持体で囲まれた前記犠牲層に達するエッチングビアを形成する工程と、前記エッチ

50

ングピアを介して前記環状構造の支持体で囲まれた前記犠牲層をエッチングし空洞部を形成する工程と、を含むことを特徴としている。

【発明の効果】

【0009】

上記構成及び製造方法により、薄膜圧電共振器の製造歩留を向上することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

薄膜圧電共振器は、圧電体膜を上下の電極で挟んで圧電体共振器を形成し、これを空洞部を有する基板で保持することにより、両電極間に印加された高周波電圧により電極が振動し、圧電体膜中に膜厚できまる音響波の定在波が生じ共振現象を起こす。薄膜圧電共振器の性能は、電気機械結合係数 kt^2 と品質係数 Q 値で示される。

10

【0011】

電気機械結合係数 kt^2 が大きいほど広帯域のフィルタや広帯域の電圧制御発振器 (Voltage Controlled Oscillator: VCO) を作成することができる。電気機械結合係数 kt^2 は圧電体膜によって決まり、電気機械結合係数 kt^2 を大きくするためには、電気機械結合係数 kt^2 が大きな圧電体材料を選び、さらに圧電体膜の結晶の分極軸を膜の成膜方向に揃えて成膜することが重要である。電気機械結合係数 kt^2 と品質係数 Q 値をさらに向上させるためには、電極材料の比重低減や膜厚減少が効果的である。

【0012】

圧電体膜としては、窒化アルミニウム (Aluminium Nitride: AlN) や酸化亜鉛 (Zinc Oxide: ZnO) などのウルツ鉱型の結晶構造を持つ結晶が適している。これは、構成元素の少ない2元素の化合物であり高絶縁性の圧電体結晶が得られやすいからである。また、これらの六方晶系の結晶は、分極方向である c 軸方向 ($[0001]$ 方向) への配向性が強く、 c 軸方向に沿って結晶成長しやすいことから、これらを圧電体膜として共振器を形成すると、電気機械結合係数 kt^2 と品質係数 Q 値の高い薄膜圧電共振器が得られるからである。

20

【0013】

特に AlN に関してはさらに、窒化物であるため、ZnO や他の例えば、チタン酸バリウム (BaTiO₃) やニオブ酸リチウム (LiNbO₃) などのペロブスカイト系酸化物に代表される強誘電体に含まれる圧電性を示す材料に比べて、高周波特性に優れる、熱伝導率が高い、結晶構造が簡略、構成原子が少ない、Si 基板や Si プロセスに使用されている各種材料との反応性が低い、エピタキシャル成膜温度が 400 以下と低温、スパッタリングにより成膜が容易、還元雰囲気中や各種の酸に対して安定、耐熱温度が高い、などの優れた特徴がある。

30

【0014】

AlN を圧電体膜として使用した薄膜圧電共振器は、AlN の c 軸配向性 (例えば X 線回折のロックンブ測定での半値幅など) と電気機械結合係数 kt^2 との間に強い相関がある。このため、AlN の c 軸配向性向上は薄膜圧電共振器の性能向上に重要である。

40

【0015】

通常下部電極としては、アルミニウム (Al) やモリブデン (Mo) などの金属材料が使用され、この上に AlN を成膜すると、エピタキシャル成長とならないために、 c 軸方向の配向性が悪い。ここで、下部電極として、タンタル (Ta) とアルミニウムの混晶からなる Ta-Al アモルファス層の上にアルミニウムとニッケルの混晶 Al-Ni 層、及び AlN 層を順次成膜したものをを用い、この上に AlN を成膜することにより、格段に c 軸方向の結晶配向性を向上することができる。これは、Ta-Al アモルファス層の上に成膜した Al-Ni 層は $[111]$ 方向に配向して結晶成長し、続けてこの上に AlN 層を成膜することにより、Al-Ni 層の (111) 面と AlN 層の (0001) 面は格子整合するので、AlN 層は $[0001]$ 方向に配向してエピタキシャル成長をするため

50

ある。この後、上記積層構造からなる下部電極をパターンニングした後に、共振器の圧電体膜となる AlN 層を形成することで、下部電極にエピタキシャル成長した AlN 層が得られる。

【0016】

なお、上記 Al - Ni 混晶層の代わりに Al を用いてもほぼ同様な効果が得られる。また、AlN はスパッタリングにより形成されるため、低い基板温度での成膜となるが、上記積層構造を下部電極とすることにより、配向性の高い AlN 膜が得られる。

【0017】

この結果、上記積層構造の下部電極を用いることによって、従来の Mo や Al 単体の下部電極の場合に比べて、薄膜圧電共振器の電気機械結合係数 k_t^2 及び品質係数 Q 値は格段に向上することができる。

10

【0018】

以下、本発明の実施例について図を参照しながら説明する。

【実施例 1】

【0019】

本発明に係る実施例 1 の薄膜圧電共振器の上面図を図 1 (a) に示す。図 1 (a) 中の一点鎖線で囲った環状構造支持体の凸型環状部分 A の拡大図を同図 (b) に示す。さらに、同図 (a) 中の B - B 線の矢印方向から見た断面図及び C - C 線の矢印方向から見た断面図を、それぞれ図 2 (a) 及び (b) に示す。なお、図 1 (a) の上面図は、便宜上図 2 の断面図における最表面の電極保護層 8 を省略し示してあり、圧電体膜 6 より下部に配置されているものは、点線及び破線で示してある。

20

【0020】

図 1 及び図 2 に示したように本発明に係る実施例 1 の薄膜圧電共振器は、高抵抗の基板 1 の表面に犠牲層 2 が形成されている。この犠牲層 2 には、図 1 で点線で示されたとおり、基板 1 に達する環状構造の支持体 3 が形成されており、その上面は犠牲層 2 の上面と略同一平面上となるように揃っている。本実施例の場合は、一例として略矩形の形状の場合を示す。この矩形形状の環状構造支持体 3 と基板 1 により空洞部 10 が形成されている。環状構造支持体 3 の四隅には、後に説明するエッチングピア 9 を設けるために、空洞部が凸型に突出するように、環状構造支持体 3 が凸型の環状部分 A が形成されている。

30

【0021】

環状構造支持体 3 で囲まれた空洞部 10 を覆うように、環状構造支持体 3 と犠牲層 2 の上面上全面に保護層 4 が形成されている。保護層 4 上には、図 1 で破線で示されたとおり、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A の部分を除いて、空洞部 10 のほぼ全面を覆って環状構造支持体 3 を横断するように略矩形形状に下部電極 5 が形成されている。下部電極 5 は、一例として、図 1 (a) の上下方向に電極取り出しように延伸している (以後、下部電極 5 より延伸部分を除いた矩形形状を矩形形状の本体部分とする)。また、図 1 (b) に凸型環状部分 A の細部を示したように、矩形形状の本体部分に覆われていない環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A では、環状構造支持体 3 の上面の空洞部側の縁 21 (以後、環状構造支持体上面内側の縁とする) を沿うように、下部電極 5 は、矩形形状の本体部分から延伸して形成されている。すなわち、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A において、支持体 3 で囲まれた空洞部上に下部電極 5 が開口部を有するように、下部電極 5 は環状構造支持体 3 の上面内側の縁 21 に沿って矩形形状の本体側から延伸して形成されている。これにより、環状構造支持体 3 の上面内側の縁 21 上は、環状構造支持体 3 の全域で保護層 4 を介して下部電極 5 で覆われている。

40

【0022】

下部電極 5 の上面上及び下部電極 5 が形成されていない保護層 4 の上面上の全面に圧電体膜 6 を形成し、空洞部 10 の上方で環状構造支持体 3 に囲まれた領域内に配置するように、圧電体膜 6 上には略矩形形状の上部電極 7 が形成されており、その一部は電極引き出しのため空洞部 10 から環状構造支持体 3 を横断して延伸している。

【0023】

50

上部電極 7 を覆うように、圧電体膜 6 上には電極保護層 8 が形成されており、環状構造支持体 3 の四隅の凸型環状部分 A では、前述の下部電極 5 の開口部の内側で、電極保護層 8、圧電体膜 6 及び保護層 4 を貫通し、空洞部 10 に至るエッチングビア 9 が形成されている。

【0024】

後の製造方法の一例で示すように、上記本実施例の構造では、環状構造支持体 3 で囲まれた犠牲層 2 がエッチングビア 9 を介してエッチングされて空洞部 10 が形成されるが、保護層 4 が圧電体膜 6 及び下部電極 5 を空洞部 10 に露出させること無く完全にそれらの下面を覆っているため、下部電極 5 にエッチングによる損傷を与えることがない。すなわち、空洞部 10 を形成するエッチング工程でのプロセスマージンが広くなり、薄膜圧電共振器の製造歩留が大きく改善される。また、下部電極の材料やエッチング条件を幅広く選択することができる。

10

【0025】

次に、本実施例の薄膜圧電共振器の製造方法の一例を図 3 乃至図 6 の製造工程の断面図により説明する。各図の (a) は、図 2 同様に図 1 (a) の B - B 線の矢印方向から見た断面図であり、各図の (b) は、図 1 (a) の C - C 線の矢印方向から見た断面図である。また、図 5 (c) は、同図 (a) の環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A における、環状構造支持体 3 上に形成された保護層 4 及び下部電極 5 の構造 D を詳細に説明するための拡大図である。

20

【0026】

図 3 に示したように、高抵抗の Si 基板 1 上に、プラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) により酸化膜 (SiO₂) である膜厚 2 μm の TEOS (Tetraethoxysilane) 膜を犠牲層 2 として全面に形成する。一例として TEOS 膜を示したが、通常のシラン (SiH₄) などを原料に用いた CVD による SiO₂ 膜や SOG (Spin On Glass) 法により塗布されるガラス膜などでもよい。

【0027】

フォトリソグラフィによるマスク形成及び C₄F₈ + CO 系ガスを用いた RIE (Reactive Ion Etching) により、図 1 (a) に示された環状構造の支持体 3 と同一形状の環状構造を有する、深さ 2 μm、幅 1 μm のトレンチ 11 を基板 1 に達するように犠牲層 2 に形成する。

30

【0028】

図 4 に示したように、上記トレンチ 11 を埋め込むように、プラズマ CVD によりポリシリコン膜を犠牲層 2 の全面に形成し、CMP (Chemical Mechanical Polish) により、犠牲層 2 が露出するまでポリシリコン膜を研磨して、犠牲層 2 の上面と略同一平面上の上面を有する支持体 3 を形成する。ここで、CMP の代わりに CDE (Chemical Dry Etching) などのエッチングによる平坦化技術を用いてもよい。その後、支持体 3 の上面を含んだ犠牲層 2 の全面に保護層 4 として、支持体 3 と同様にして厚さ 50 nm のポリシリコンを形成する。

40

【0029】

ここで、支持体 3 と保護層 4 は同一材料で形成しているが、後に説明する犠牲層 2 をエッチングして空洞部 10 を形成する際に、犠牲層 2 とエッチング選択比が十分大きい材料であれば、互いに違う材料であってもよい。

【0030】

図 5 に示したように、下部電極 5 として、保護層 4 上にスパッタ法により厚さ 10 nm のアモルファス Al_{0.5}Ta_{0.5} 層、厚さ 200 nm の Al - Ni 層、及び厚さ 30 nm の AlN 層を順次全面に形成した後に、フォトリソグラフィによるマスク形成及び塩素系の RIE により、下部電極 5 のパターンニングを行い、下部電極 5 は、環状構造支持体 3 の四隅の凸型環状部分 A の部分を除いて、空洞部 10 のほぼ全面を覆って環状構造支持体 3 を横断するように略矩形形状に形成され、四隅の凸型環状部分 A においては、略矩

50

形形状の本体部分から環状構造支持体3の上面内側の縁21に沿って延伸し、凸型環状部分Aで囲まれた犠牲層2上に開口部を有するように形成される。また、下部電極5の電極引き出しのために、図1(a)に示したように図中の上下方向に延伸している。ここで、環状構造支持体3の上面内側の縁21上には、環状構造支持体3の全域にわたって保護層4を介して下部電極5が配置された構造となる。

【0031】

ここで、アモルファスAl_{0.5}Ta_{0.5}層上に形成された厚さ200nmのAl-Ni層は、(111)結晶面を主面にして成膜され、この上にAlNを成膜することにより、Al-Niと格子整合が取れた状態で(0001)面を主面に持つAlNのエピタキシャル成長が得られ、分極方向である[0001]方向(C軸方向)に配向性の優れたAlN結晶の層が得られる。なお、Al-Ni層の代わりにAl層を用いても同じ効果が得られ、ほぼ同様に配向性の優れたAlN層が下部電極5の表面として得られる。

10

【0032】

図5(a)の環状構造支持体3の凸型環状部分Aにおける、環状構造支持体3上の保護層4及び下部電極5の構造Dを拡大して詳細に説明する図を同図(c)に示す。環状構造支持体3をCMPにより平坦化する際に、犠牲層2の上面よりも少し下がって下に湾曲するように支持体3の上面が形成されるというディッシングの問題が発生する。この状態で保護層4を支持体3上を含む犠牲層2上のほぼ全面に形成すると、支持体3の上面内側の縁21及び支持体3の上面で空洞部10と反対側の縁(以後、上面外側の縁という)22の部分では、保護層4は犠牲層2上に形成される膜厚より極めて薄く形成され、結晶性も悪い(エッチングが進みやすい)。

20

【0033】

このため、RIEにて下部電極5のパターニング形成の際に、オーバーエッチングにて犠牲層2が露出してエッチングされるため、支持体3の上面外側の縁22部分で、保護層4がエッチングにより消失し犠牲層2の一部が露出する。支持体3の上面内側の縁21上には保護層4を介して下部電極5が存在するので、オーバーエッチングによる犠牲層2が露出することが防止される。

【0034】

このオーバーエッチングは、下部電極5を他の電極材料であるMoやAlの単層膜とした場合でも、十分なエッチング選択比が取れないことから発生するが、本実施例のように異なる材料の積層構造としたことにより、特に最下層をアモルファスAl_{0.5}Ta_{0.5}としたことによりポリシリコンとのエッチング選択比がさらに低下するため発生しやすい。

30

【0035】

ここで、支持体3上面外側の縁22と同じように上面内側の縁21上においても保護層4を介して下部電極5が存在しないと、支持体3の上面内側の縁21においても、RIEによる下部電極5のパターニングの際に保護層4がエッチングされ欠落し、犠牲層2が露出した構造となる。この場合、図1(b)の支持体3の凸型環状部分Aにおいて、下部電極5の矩形形状本体部分の縁と支持体3が交差する部分(同図(b)での例では直交している部分)では、後に説明するエッチングピア9を介して環状構造支持体3で囲まれた犠牲層2をエッチングして空洞部10を形成する際に、エッチング液が上記支持体3の上面内側の縁21における保護層4の欠落部を介して下部電極5に達し、下部電極5が侵食されて大きく破損することとなる。これは、SiO₂をエッチングするフッ化水素系のエッチング液を用いた際に顕著である。

40

【0036】

本実施例では、環状構造支持体3の凸型環状部分Aのみならずその全面で、支持体3の上面内側の縁21上には保護層4を介して下部電極5が存在することにより、下部電極5のオーバーエッチングによる保護層4の欠落は起きない。すなわち、支持体3の上面内側の縁21と下部電極5の矩形形状本体部分の縁が交差する部分が存在しない。また、支持体3の上面外側の縁22上では、保護層4の欠落は生じるが、環状構造支持体3の外側の

50

犠牲層 2 をエッチングすることはないので、このよう下部電極 5 の侵食の問題は生じない。

【 0 0 3 7 】

なお、ここで、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A における支持体 3 の上面内側の縁の上に延伸して形成される下部電極 5 は、支持体 3 の上面内側の縁 2 1 から空洞部 1 0 側及び上面内側の縁 2 1 から支持体 3 側にそれぞれ、1 0 0 乃至 3 0 0 nm の幅を有していれば、上記オーバーエッチングによる保護層 5 の欠落を防止するのに十分であることを確認した。

【 0 0 3 8 】

続いて、下部電極 5 上及び露出した保護層 4 上の全面に圧電体膜 6 としてスパッタ法により厚さ 1 . 7 μm の AlN を成膜する。ここで、下部電極 5 上に形成された AlN 圧電体膜 6 は前述のごとくエピタキシャル成長により [0 0 0 1] 方向への配向性が強い良好な膜となる。これに対し、下部電極 5 で覆われていない保護層 4 上に成膜された AlN 圧電体膜はエピタキシャル成長ではないため、[0 0 0 1] 方向への配向性が劣る。X 線回折のロックンガープ測定でのスペクトルの半値幅は、前者が 1 . 2 ° であったのに対し、後者は 1 0 ° 程度であった。

【 0 0 3 9 】

続いて、図 6 に示したように、圧電体膜 6 上の全面にスパッタ法により厚さ 3 0 0 nm の Mo 膜を成膜し、フォトリソグラフィによるマスク形成及びフッ素系の CDE により、上部電極 7 を所望の形状（本実施例では、一例として空洞部 1 0 の上方で環状構造支持体 3 の囲った領域内に配置するように、圧電体膜 6 上には略矩形形状に形成されており、その一部は電極引き出しのため空洞部 1 0 から環状構造支持体 3 を横断して延伸している）になるように形成する。

【 0 0 4 0 】

その後、電極保護層 8 として膜厚 5 0 nm の窒化シリコン (SiN) 膜を上部電極 7 を覆って圧電体膜上に形成し、上部電極 7 の電極引き出し部分上部の電極保護層 8、下部電極 5 の電極引き出し部分の圧電体膜 6 及び電極保護層 8 をフォトリソグラフィによるマスク形成及びエッチングにより除去し、上部電極 7 及び下部電極 5 とのコンタクト領域を形成する（図示せず）。

【 0 0 4 1 】

また、環状構造支持体 3 の四隅の凸型環状部分 A で囲まれた犠牲層 2 上に形成された下部電極 5 の開口部内に、電極保護層 8、圧電体膜 6 及び保護層 4 を貫通し環状構造支持体 3 で囲まれた犠牲層 2 に至るエッチングビア 9 を形成し、このエッチングビア 9 を介して基板 1、環状構造支持体 3、及び保護層 4 で囲まれた犠牲層 2 だけを、フッ化水素を添加したフッ化アンモニウム水溶液により選択的にウエットエッチングして空洞部 1 0 を形成し、図 2 に示した薄膜圧電共振器を得る。

【 0 0 4 2 】

ここで、上記フッ化水素を添加したフッ化アンモニウム水溶液によるウエットエッチングの代わりに、フッ化水素とメタノールの混合ガスによるドライエッチングでも、同様な選択エッチングが可能である。

【 0 0 4 3 】

フッ化水素系のエッチング液あるいはエッチングガスは、ほとんど全ての電極を侵食するが、本発明によれば、保護層 4 により下部電極 5 が完全に空洞部 1 0 に露出しない構造となっているので、電極材料の選択の自由度が広がる。

【 0 0 4 4 】

図 5 の工程で説明したとおり、本実施例によれば、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A において、支持体 3 の上面内側の縁 2 1 上に保護膜を介して下部電極 5 が延伸している構造となっていることにより、支持体 3 の上面内側の縁 2 1 と下部電極 5 とが交差する部分が存在しない。このため、下部電極 5 のパターン形成時のオーバーエッチングにより、支持体 3 の上面内側の縁 2 1 上の保護層 4 がエッチングにより欠落し、空洞部 1 0 をエッチ

10

20

30

40

50

ングするエッチング液がこの欠落部を介して下部電極 5 を侵食することがない。これにより、空洞部 10 を形成する工程でのプロセスマージンが格段に広がり、薄膜圧電共振器の製造歩留を大きく向上できる。

【実施例 2】

【0045】

本発明に係る実施例 2 の薄膜圧電共振器の上面図を図 7 (a) に示す。図 7 (a) 中の一点鎖線で囲った環状構造支持体の凸型環状部分 A の拡大図を同図 (b) に示す。さらに、同図 (a) 中の B - B 線の矢印方向から見た断面図及び C - C 線の矢印方向から見た断面図を、それぞれ図 8 (a) 及び (b) に示す。なお、図 7 (a) の上面図は、便宜上図 8 の断面図における最表面の電極保護層 8 を省略し示してあり、圧電体膜 6 より下部に配置されているものは、点線及び破線で示してある。以下、上記実施例 1 と同一または類似の箇所には同一符号を付して説明し、実施例 1 と違う部分のみを説明する。

10

【0046】

本実施例の薄膜圧電共振器も実施例 1 と同じ製造工程によって得られる。本実施例の構造で実施例 1 と違う点は、下部電極 25 のパターン形状にあり、製造工程においてもフォトリソグラフィによるマスク形成のパターン形状が違うだけである。

【0047】

図 7 及び図 8 に示したように、本実施例の下部電極 25 は、保護層 4 上に、図 7 に破線で示されたとおり、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A の部分を除いて、空洞部 10 のほぼ全面を覆って環状構造支持体 3 を横断するように、略矩形形状に形成されている。下部電極 25 は、一例として、図 7 (a) の上下方向に電極取り出しように延伸している。また、図 7 (b) に凸型環状部分 A の細部を示したように、下部電極 25 の略矩形形状の本体部分に覆われていない環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A では、環状構造支持体 3 の上面内側の縁 21 及び上面外側の縁 22 を離間して沿うように、下部電極 25 は、矩形形状の本体部分から延伸して形成されている。すなわち、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A において、支持体 3 で囲まれた空洞部上に下部電極 25 が開口部を有するように、下部電極 25 は環状構造支持体 3 の上面内側の縁 21 及び上面外側の縁 22 に沿って矩形形状の本体側からそれぞれ離間延伸して形成されている。これにより、環状構造支持体 3 の上面内側の縁 21 上及び上面外側の縁 22 上は、環状構造支持体 3 の全域で保護層 4 を介して下部電極 25 で覆われている。

20

30

【0048】

ここで、支持体 3 の凸型環状部分 A において、支持体 3 の上面内側の縁 21 上及び上面外側の縁 22 上に保護層 4 を介して離間して形成されている下部電極 25 のそれぞれは、実施例 1 同様に、支持体 3 の上面内側の縁 21 及び上面外側の縁 22 のそれぞれから、支持体 3 側及び支持体 3 と反対側のそれぞれに 100 乃至 300 nm の幅を有している（張り出している）ことが望ましい。

【0049】

本実施例においても実施例 1 と同様に、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A において、支持体 3 の上面内側の縁 21 上に保護膜を介して下部電極 25 が延伸している構造となっていることにより、支持体 3 の上面内側の縁 21 と下部電極 25 とが交差する部分が存在しない。このため、下部電極 25 のパターン形成時のオーバーエッチングにより、支持体 3 の上面内側の縁 21 上の保護層 4 がエッチングにより欠落し、空洞部 10 をエッチングするエッチング液がこの欠落部を介して下部電極 25 を侵食することがない。これにより、空洞部 10 を形成する工程でのプロセスマージンが格段に広がり、薄膜圧電共振器の製造歩留を大きく向上できる。

40

【0050】

また、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A において、支持体 3 の上面外側の縁 22 上にも下部電極 25 が保護層 4 を介して形成されているので、実施例 1 の製造工程の一部の図 5 (c) に示したような、下部電極 25 を R I E でエッチング中に生じる支持体 3 の上面外側の縁 22 での保護層 4 の欠落を生じることもない。

50

【実施例 3】

【0051】

本発明に係る実施例 3 の薄膜圧電共振器の上面図を図 9 (a) に示す。図 9 (a) 中の一点鎖線で囲った環状構造支持体の凸型環状部分 A の拡大図を同図 (b) に示す。さらに、同図 (a) 中の B - B 線の矢印方向から見た断面図及び C - C 線の矢印方向から見た断面図を、それぞれ図 10 (a) 及び (b) に示す。なお、図 9 (a) の上面図は、便宜上図 10 の断面図における最表面の電極保護層 8 を省略し示してあり、圧電体膜 6 より下部に配置されているものは、点線及び破線で示してある。以下、上記実施例 1 と同一または類似の箇所には同一符号を付して説明し、実施例 1 と違う部分のみを説明する。

【0052】

本実施例の薄膜圧電共振器も実施例 2 同様に実施例 1 と同じ製造工程によって得られる。本実施例の構造で実施例 1 と違う点は、下部電極 35 のパターン形状にあり、製造工程においてもフォトリソグラフィによるマスク形成のパターン形状が違うだけである。

【0053】

図 9 及び図 10 に示したように、本実施例の下部電極 35 は、保護層 4 上に、図 10 に破線で示されたとおり、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A の部分を除いて、空洞部 10 のほぼ全面を覆って環状構造支持体 3 を横断するように、略矩形形状に形成されている。下部電極 35 は、一例として、図 9 (a) の上下方向に電極取り出しように延伸している。また、図 9 (b) に凸型環状部分 A の細部を示したように、下部電極 35 の略矩形形状の本体部分に覆われていない環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A では、環状構造支持体 3 の上面内側の縁 21 及び上面外側の縁 22 を含めて支持体 3 の上面全体を覆って支持体 3 を沿うように、下部電極 35 は、矩形形状の本体部分から延伸して形成されている。すなわち、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A において、支持体 3 で囲まれた空洞部上に下部電極 35 が開口部を有するように、下部電極 35 は環状構造支持体 3 の上面内側の縁 21 及び上面外側の縁 22 を含めた支持体 3 の上面全体を覆って、支持体 3 に沿って矩形形状の本体側から延伸して形成されている。これにより、環状構造支持体 3 の上面内側の縁 21 上及び上面外側の縁 22 上は、環状構造支持体 3 の全域で保護層 4 を介して下部電極 35 で覆われている。

【0054】

ここで、支持体 3 の凸型環状部分 A において、支持体 3 の上面内側の縁 21 及び上面外側の縁 22 を含めた支持体 3 の上面全体上に保護層 4 を介して形成されている下部電極 35 は、支持体 3 の上面内側の縁 21 及び上面外側の縁 22 のそれぞれから、支持体 3 と反対側に 100 乃至 300 nm 幅を有している（張り出している）ことが望ましい。

【0055】

本実施例においても実施例 1 と同様に、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A において、支持体 3 の上面内側の縁 21 上に保護膜を介して下部電極 35 が延伸している構造となっていることにより、支持体 3 の上面内側の縁 21 と下部電極 35 とが交差する部分が存在しない。このため、下部電極 35 のパターン形成時のオーバーエッチングにより、支持体 3 の上面内側の縁 21 上の保護層 4 がエッチングにより欠落し、空洞部 10 をエッチングするエッチング液がこの欠落部を介して下部電極 35 を侵食することがない。これにより、空洞部 10 を形成する工程でのプロセスマージンが格段に広がり、薄膜圧電共振器の製造歩留を大きく向上できる。

【0056】

また、環状構造支持体 3 の凸型環状部分 A において、支持体 3 の上面外側の縁 22 上にも、下部電極 35 が保護層 4 を介して形成されているので、実施例 1 の製造工程の一部の図 5 (c) に示したような、下部電極 35 を R I E でエッチング中に生じる支持体 3 の上面外側の縁 22 での保護層 4 の欠落を生じることもない。

【0057】

以上、本発明に係る発明の形態を上記各実施例を用いて説明したが、各実施例に示した構成に限られること無く、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で、各構成材料、各層の厚さ

10

20

30

40

50

及びパターン形状等を変更してもよいことは勿論である。また、各層の成膜方法や成膜条件、エッチング方法やエッチング条件、又は、基板表面上を平坦化する方法なども、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で変更することも可能である。

【0058】

さらに、上記各実施例では、環状構造支持体3の四隅に凸型環状部分Aを有するように環状構造支持体3を形成し、この凸型環状部分Aで囲まれた空洞部10上にエッチングビア9を形成した構造としているが、例えば、図1(a)の上面図の上部の両端及び下部の両端のエッチングビア9を連結してストライプ状のエッチングビアとすることも可能である。この場合は、そのエッチングビアの形状に応じて、環状構造支持体3が空洞部10を囲っている形状をエッチングビアが空洞部10の上部に配置されるように略矩形形状に変形すればよい。その他、エッチングビアの形状や数、或は空洞部10上に配置される位置などの変更も、これに応じて環状構造支持体3の空洞部10を囲む形状の変更によって対応すればよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0059】

【図1】本発明の実施例1の薄膜圧電共振器を示す上面図。

【図2】本発明の実施例1の薄膜圧電共振器を示す断面図。

【図3】本発明の実施例1の薄膜圧電共振器の製造工程の一部を示す断面図。

【図4】本発明の実施例1の薄膜圧電共振器の製造工程の一部を示す断面図。

【図5】本発明の実施例1の薄膜圧電共振器の製造工程の一部を示す断面図。

20

【図6】本発明の実施例1の薄膜圧電共振器の製造工程の一部を示す断面図。

【図7】本発明の実施例2の薄膜圧電共振器を示す上面図。

【図8】本発明の実施例2の薄膜圧電共振器を示す断面図。

【図9】本発明の実施例3の薄膜圧電共振器を示す上面図。

【図10】本発明の実施例3の薄膜圧電共振器を示す断面図。

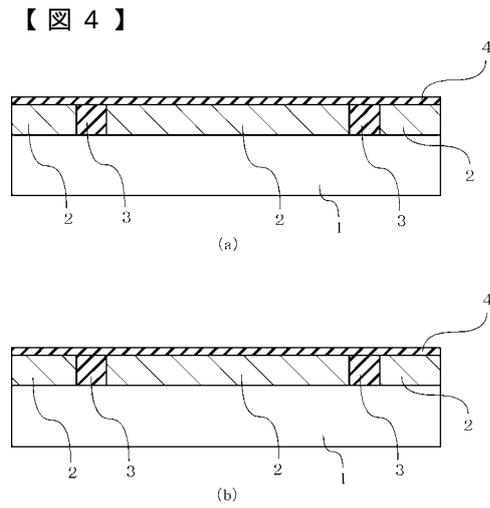
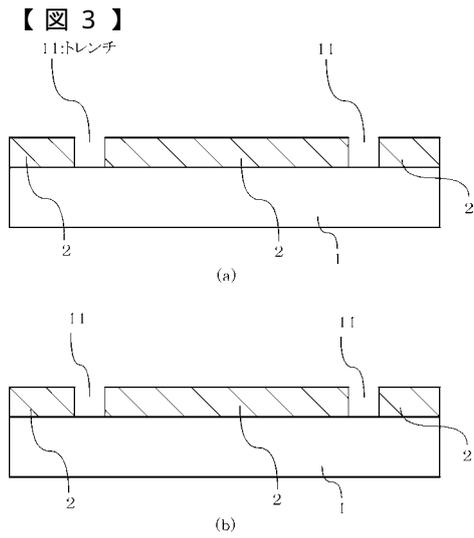
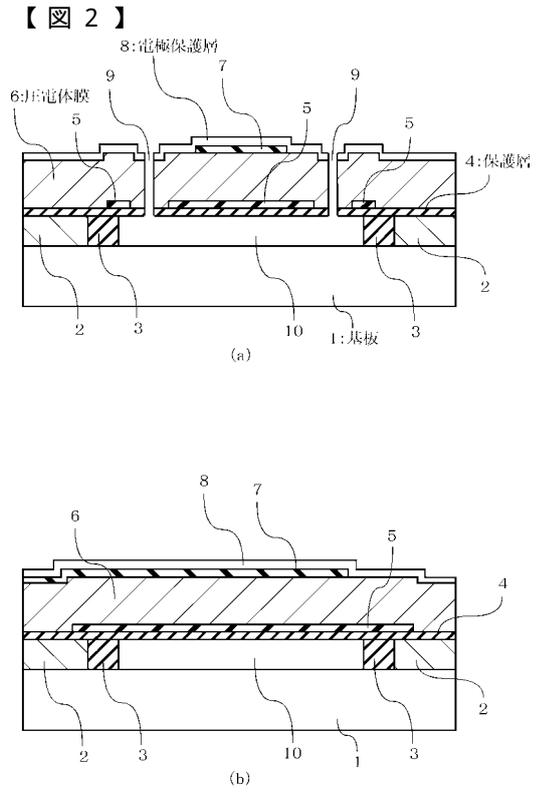
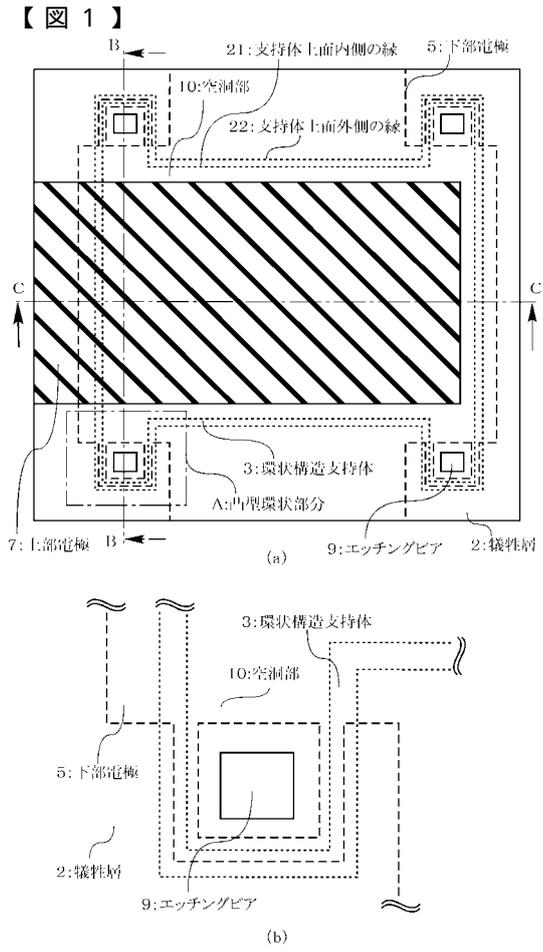
【符号の説明】

【0060】

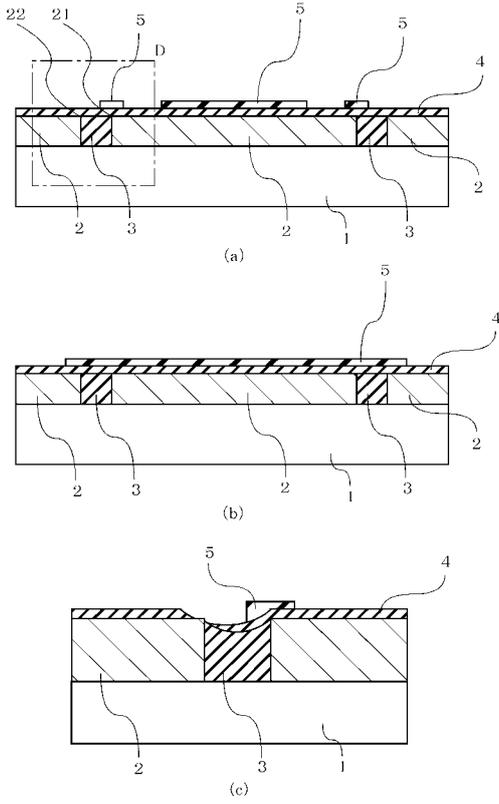
- 1 基板
- 2 犠牲層
- 3 支持体
- 4 保護層
- 5、25、35 下部電極
- 6 圧電体膜
- 7 上部電極
- 8 電極保護層
- 9 エッチングビア
- 10 空洞部
- 11 トレンチ
- 21 支持体上面の内側の縁
- 22 支持体上面の外側の縁
- A 凸型環状部分

30

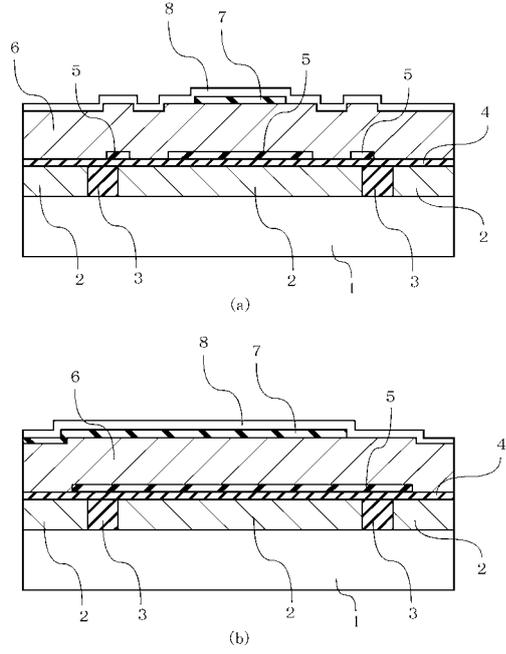
40



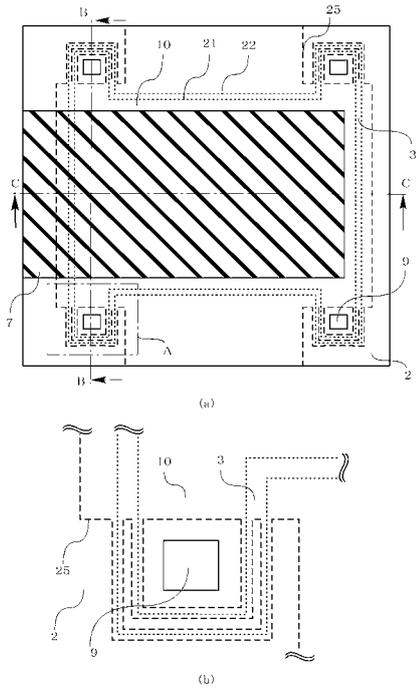
【図5】



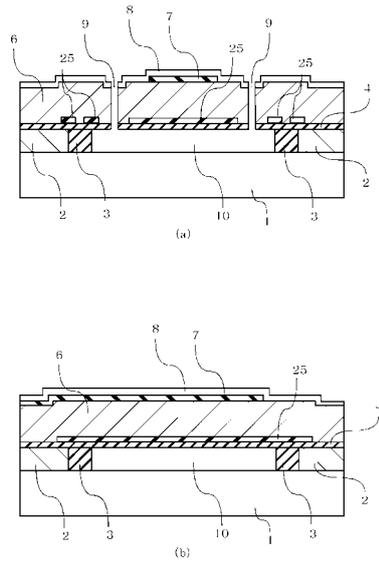
【図6】



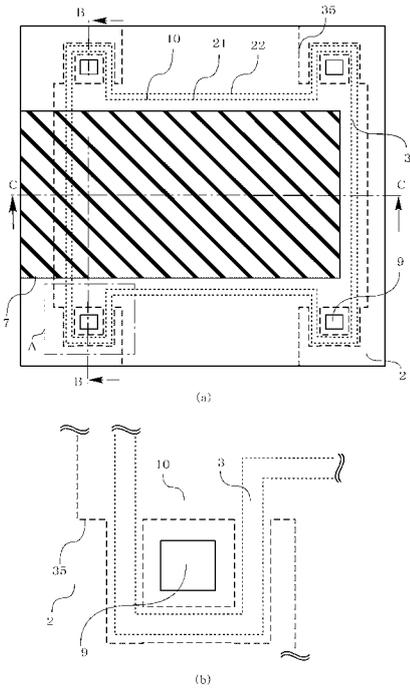
【図7】



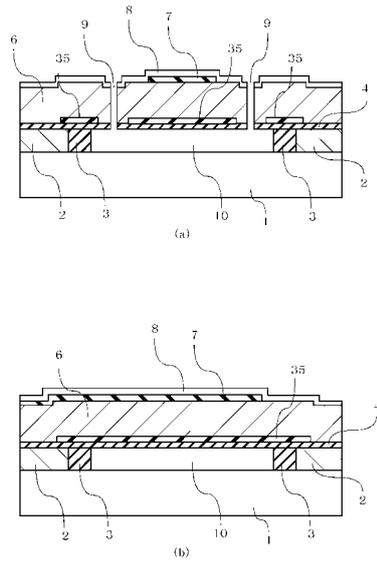
【図8】



【図 9】



【図 10】



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 41/18 (2006.01) H 0 1 L 41/22 A
H 0 1 L 41/18 1 0 1 A

(72)発明者 増子 真吾
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 佐野 賢也
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 大野 哲也
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 5J108 AA07 BB08 CC04 CC11 EE03 EE04 EE07 EE13 HH03 KK01
KK03 MM04 MM08

【要約の続き】

【選択図】 図1