

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5032030号
(P5032030)

(45) 発行日 平成24年9月26日 (2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月6日 (2012.7.6)

(51) Int.Cl.		F I	
B 8 1 B	3/00	(2006.01)	B 8 1 B 3/00
B 8 1 C	1/00	(2006.01)	B 8 1 C 1/00
H O 1 L	29/84	(2006.01)	H O 1 L 29/84 Z
G O 1 L	9/00	(2006.01)	G O 1 L 9/00 3 O 5 C

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-26589 (P2006-26589)	(73) 特許権者	390023711
(22) 出願日	平成18年2月3日 (2006.2.3)		ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト
(65) 公開番号	特開2006-212773 (P2006-212773A)		ミット ベシユレンクテル ハフツング
(43) 公開日	平成18年8月17日 (2006.8.17)		ROBERT BOSCH GMBH
審査請求日	平成21年2月2日 (2009.2.2)		ドイツ連邦共和国 シュツツガルト (
(31) 優先権主張番号	102005004878.1		番地なし)
(32) 優先日	平成17年2月3日 (2005.2.3)		Stuttgart, Germany
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100061815
			弁理士 矢野 敏雄
		(74) 代理人	100114890
			弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ
			ンハルト

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロマシニング型の構成素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マイクロマシニング型の構成素子のための製造方法において、以下のステップ：

少なくとも所定の範囲で導電性である基板（1）を準備し；

弾性的に変位可能な、少なくとも所定の範囲で導電性であるダイヤフラム（M）を製造し、該ダイヤフラム（M）を、基板（1）から電氣的に絶縁させて基板（1）の表面（V）の上方に設け、ただし該ダイヤフラム（M）は内側範囲（I'）と縁範囲（RB'）とを有しており；

基板（1）とダイヤフラム（M）との間に空隙（H）を設け；

ダイヤフラム（M）の内側範囲（I'）が、縁範囲（RB'）に対して変えられた横断面を有し、これにより内側範囲（I'）の撓みが、同一横断面の場合に比べて減じられるようにダイヤフラム（M）を形成し、

しかもダイヤフラム（M）の内側範囲（I'）に、縁範囲（RB'）に比べて空隙（H）内へ懸吊された範囲（KP'）を設ける；

を実施し、

ただし、ダイヤフラム（M）を、基板（1）上に設けられた犠牲層範囲（5；5，40）の上方で、構造化された多数の層（20，25，30；5a，20，25'，45，50）を設けることによって前成形し、

この場合、犠牲層（5；5，40）として、Si_{1-x}Ge_x（ただし、x = 0.1 ~ 0.8である）を使用し、

10

20

犠牲層(5; 5, 40)であるSiGe層と、基板(1)であるSi層との間にエッチングストップおよび拡散バリアとして酸化物層(1a)を被着させるか、または熱酸化により成長させ、

引き続きダイヤフラム(M)に対して選択的なエッチングプロセスにより犠牲層範囲(5; 5, 40)を除去する、

ことを特徴とする、マイクロマシニング型の構成素子のための製造方法。

【請求項2】

犠牲層エッチングのためのエッチングガスとして、 ClF_3 、 ClF_5 、 XeF_2 、 $B r F_3$ 、 $I F_3$ または $I F_5$ を使用する、請求項1記載の製造方法。

【請求項3】

犠牲層範囲(5; 5, 40)内のGe含量を、SiGeから成る犠牲層の熱による酸化により該犠牲層の上に形成された、熱により成長されたSiGe酸化物層がGeを含有しないか、またはGeをほとんど含有しないように低く設定する、請求項1記載の製造方法。

【請求項4】

犠牲層範囲(5; 5, 40)内のGe含量を、熱による酸化物層の成長速度がシリコン上での成長に比べて1.5~10倍だけ加速されて行われるように高く設定する、請求項1記載の製造方法。

【請求項5】

犠牲層範囲(5; 5, 40)内のGe含量が0.3~0.4at%である、請求項1記載の製造方法。

【請求項6】

ダイヤフラム(M)の内側範囲(I)に、縁範囲(RB')に比べて付加的な層(5a)を設ける、請求項1記載の製造方法。

【請求項7】

空隙(H)を媒体で充填し、ダイヤフラム(M)の下で基板(1)を貫いて延びる1つまたは複数のパーフォレーション開口(15'')を設け、この場合、該パーフォレーション開口(15'')が、基板(1)の裏面(R)から空隙(H)内へ通じた進入路を提供して、空隙(H)内に存在する媒体の容量がダイヤフラム(M)の変位時に可変となる、請求項6記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロマシニング型の構成素子に関する。本発明は同じく、相応する製造方法に関する。

【0002】

本発明は原理的には多種のマイクロマシニング型の構成素子に対して使用可能であるが、以下においては容量型の圧力センサにつき本発明ならびに本発明の根底を成す問題点を説明する。

【背景技術】

【0003】

本発明の根底を成す問題点を説明するための出発点は容量型の圧力センサ、たとえば相対圧センサである。このような圧力センサでは、電極対を成す、基板またはその他の手段により形成された対向プレート、たとえば下側のポリシリコン電極の形の対向プレートに対する上側のダイヤフラムの静電容量が評価される。全ての側で締付け固定されたダイヤフラムのダイヤフラムセンタの変位は、周知のように広い範囲にわたって、印加された圧力もしくは圧力差に対して線形に比例する関係にある。ダイヤフラムと対向電極とから形成されたキャパシタもしくはコンデンサの静電容量はプレート間隔に関して逆数(reziprok)の関係にあるので、第1には、印加された圧力または圧力差と測定容量との間には逆比例的な関係が生じる。測定量として静電容量の逆数が評価されると、印加された圧力に

10

20

30

40

50

対して比例する信号が得られる。

【0004】

このような圧力センサではダイヤフラムセンタにおけるダイヤフラム変位が圧力に対して比例した関係に従うので、このような手段では、第1近似で、静電容量の逆数の評価時にほぼ線形の特性が生ぜしめられる。このような評価は、たとえば容量 - 周波数変換 (C / f コンバータ) において得られる。このような容量 - 周波数変換では、帰還結合ループの周波数測定構成部分としての測定素子を備えた、適当な電子振動回路の出力周波数が、自体公知の形式で静電容量の逆数に対して比例した挙動を示す。同じく自体公知の別の回路原理、たとえば「スイッチド・キャパシタ (Switched Capacitor)」原理または時間離散的な原理は、固定の電荷量を測定セルへ伝送する際に生じる電圧を評価し、こうして所望の比例性を達成することができる。別の時間連続的な手段は、一定の交流電流を測定容量に持ち込み、これにより生ぜしめられる交流電圧を求めることにある。実際には、自体公知の多数の回路原理は、ほぼ圧力比例的な出力電圧を公知のセンサ素子から発生させることができる。

10

【0005】

しかし、これらの装置では、測定容量もしくは測定容量の変化は直接的なダイヤフラムセンタからのみ形成されるのではなく、ダイヤフラムが常に下側の対向プレートに対峙しているダイヤフラム全延在長さを越えて形成される。十分な測定容量を提供するためには、この対向プレートが、ダイヤフラムセンタを取り囲む狭い周辺部にのみ制限されるのではなく、ある一定の面が設けられ、この面を介して測定信号が形成される。この面が大きく設定されればされるほど、測定装置の基本容量および容量パリエーションはますます大きくなるが、ただし測定信号形成のために寄与するダイヤフラムの範囲の延在長さもますます大きくなる。

20

【0006】

圧力負荷時にダイヤフラム全体の横断面が、湾曲させられた曲げラインに沿って変化するので、これによってダイヤフラムのセンタまたはセンタ範囲よりも外に位置するダイヤフラムの多かれ少なかれ湾曲させられた範囲が測定信号形成のために寄与し、このことが非線形もしくは非直線性、つまりもはや圧力に対して比例的に伸びていない静電容量の逆数の特性を招く結果となる。このような非線形性は、ダイヤフラムセンタ外のダイヤフラム面が測定信号形成のために一緒に利用される規模が大きくなればなるほど増大し、測定信号形成のために寄与するダイヤフラムセンタ外のダイヤフラム面が少なくなればなるほど相応して減少する。すなわち、線形のセンサ特性を可能にするという見地からすれば、面積を狭く制限された対向電極によって評価をダイヤフラムセンタ自体の範囲に狭く制限する評価が目標とされなければならない。しかしこのような要求は、大きなコンデンサ面を必要とする電子的な信号処理のためには十分な測定容量が必要となるという要求と矛盾する。したがって、これまで考え出された実現可能な解決手段は常に、十分な測定容量、つまりダイヤフラムセンタ周囲の十分に大きなダイヤフラム面の評価と、必然的にこれに伴って生じる、なお許容可能となる非直線性または少なくともまだ補償可能となる非直線性との間での妥協を成している。非直線性の補正は手間のかかる方法である。なぜならば、このような方法の場合、各センサ素子に対する補正データセットが格納されなければならない。この補正データセットを介して、センサにより提供されたデータの数値的な直線化 (Linearisierung) があとから可能となりかつ実施可能となるからである。したがって、非線形特性はこれまで容量型の相対圧センサの主欠点とみなされてきた。

30

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の課題は、このような非直線性の問題を回避して、改善された線形特性を有するマイクロマシニング型の構成素子を提供することである。

【0008】

さらに本発明の課題は、このようなマイクロマシニング型の構成素子を製造するために

50

適した、相応する製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この課題を解決するために本発明のマイクロマシニング型の構成素子の構成では、少なくとも所定の範囲で導電性である基板、つまり少なくとも部分的に導電性である基板と、弾性的に変位可能な、少なくとも所定の範囲で導電性であるダイヤフラムとが設けられており、該ダイヤフラムが、湾曲させられてかつ基板から電氣的に絶縁されて基板の表面の上方に設けられており、ダイヤフラムが内側範囲と縁範囲とを有しており、基板とダイヤフラムとの間に空隙が設けられており、ダイヤフラムの内側範囲が、縁範囲に対して変えられた横断面を有しており、これにより内側範囲の撓みが、同一横断面の場合に比べて減じられているようにした。

10

【0010】

さらに上記課題を解決するために本発明の製造方法では、以下のステップ：

少なくとも所定の範囲で導電性である基板を準備し；

弾性的に変位可能な、少なくとも所定の範囲で導電性であるダイヤフラムを製造し、該ダイヤフラムを、湾曲させてかつ基板から電氣的に絶縁させて基板の表面の上方に設け、ただし該ダイヤフラムは内側範囲と縁範囲とを有しており；

基板とダイヤフラムとの間に空隙を設け；

ダイヤフラムの内側範囲が、縁範囲に対して変えられた横断面を有し、これにより内側範囲の撓みが、同一横断面の場合に比べて減じられるようにダイヤフラムを形成する；

20

を実施するようにした。

【発明の効果】

【0011】

本発明によるマイクロマシニング型の構成素子ならびに本発明による製造方法には、マイクロマシニング型の構成素子、特に容量型の圧力センサを製造するための簡単でかつ確実な、そして特に廉価に組み替えられ得るプロセスを提供するという利点がある。本発明は特に容量型の相対圧センサを可能にする。この相対圧センサは本発明による製造方法により、著しく改善された直線性特性を有している。

【0012】

本発明の根底を成す思想は、ダイヤフラムの横断面もしくは層厚さを所定の範囲で変えるか、もしくは撓みにほとんど関与しない部分もしくは撓みに全く関与しない部分を有する、より複雑なダイヤフラム構造を設けることにある。

30

【0013】

臨界的なプロセスステップならびにエキゾチックなプロセスステップ、たとえば支持ウェーハへのウェーハの貼付け等は十分に回避される。プロセスの核部分はウェーハ裏面からのトレンチエッチングならびにこれに続く、あとでダイヤフラムとなる部分の下での犠牲層エッチングである。この犠牲層エッチングは極めて高い選択性を有している。この極めて高い選択性にに基づき、周囲のシリコンの別の保護手段なしに、存在するシリコン構造体を攻撃することなく犠牲層エッチング技術が実施され得ることが達成される。このことは全プロセスを再度著しく簡単にする。

40

【0014】

本発明によるプロセス経過は無制限にICプロセス相容性(IC-prozesskompatibel)であるので、信号変換および信号処理のための電氣的な評価回路もウェーハ表面側に集積され得る。ウェーハ表面側では、このことは設定されたアプリケーションに基づき好都合であると思われる。

【0015】

つまり、HF蒸気エッチングは例外として、使用される全てのマイクロ構造化法は、同じくウェーハ上に存在する集積回路に対して基本的に完全に相容性である。オプションなHF蒸気エッチングはウェーハ裏面側から行われるので、ウェーハ裏面側/ウェーハ表面側の媒体分離のために、たとえばウェーハ表面および/またはウェーハ裏面に対するO

50

リングパッキンを備えたHF蒸気エッチング時の適当なウェーハ収容部によってプロセス技術的な配慮が成されていると、HF蒸気エッチングはウェーハ表面に設けられた敏感な構造体には到達しない。このような媒体分離を保証することのできる技術的な解決手段は、基本的に公知であるか、もしくはHF蒸気エッチング技術および相応するエッチング機器に習熟している当業者にはよく知られている。表面側からのHF蒸気エッチングが行われる場合、とりわけウェーハ表面側からのみの処理を行う絶対圧センサの場合には、ダイヤフラム範囲における薄い酸化物の除去の際のHF蒸気を用いた所要のプロセス時間が極めて短くなるので、その他の機能性の酸化物がHF蒸気作用によって損傷されることがないか、または極めて僅かにしか損傷されない。

【0016】

請求項2～請求項5もしくは請求項7～請求項16には、それぞれ本発明の対象の有利な改良形および改善形が記載されている。

【0017】

本発明の有利な改良形では、ダイヤフラムの内側範囲が縁範囲に比べて厚肉化されている。

【0018】

本発明の別の有利な改良形では、ダイヤフラムの内側範囲が縁範囲に比べて付加的な層を有している。

【0019】

本発明のさらに別の有利な改良形では、ダイヤフラムの内側範囲が、縁範囲に比べてスタンプ形に空隙内へ懸吊された範囲を有している。

【0020】

本発明のさらに別の有利な改良形では、空隙が媒体で充填されており、この場合、ダイヤフラムの下で基板を貫いて延びる1つまたは複数のパーフォレーション開口が設けられており、該パーフォレーション開口が、基板の裏面から空隙内へ通じた進入路を提供しているので、空隙内に存在する媒体の容量がダイヤフラムの変位時に可変である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下に、本発明を実施するための最良の形態を図面につき詳しく説明する。

【0022】

図面中、同一の構成要素または同一機能を有する構成要素には同じ符号が付与されている。

【0023】

図1A、図1B、図1C、図1D、図1E、図1F、図1G、図1H、図1I、図1J、図1Kおよび図1Lには、本発明の第1実施例による容量型の圧力センサの形のマイクロマシニング型の構成素子の主要製造ステップを示す概略的な横断面図が図示されている。

【0024】

第1実施例の根底を成す思想は、測定容量形成が行われる範囲、つまり下側の対向電極と相まって測定信号が生じる範囲におけるダイヤフラム電極の湾曲を減少させるか、または完全に抑制することにより、湾曲させられたダイヤフラム部分の、測定容量に与える影響を克服し、ひいてはセンサ素子の非直線性を克服することにある。

【0025】

第1実施例では、ダイヤフラムの内側の部分が厚肉化部によって補剛されるので、測定信号形成のために寄与する面の大部分に関して湾曲が減じられる。それに対して、ダイヤフラムの外側の部分(縁範囲)は厚肉化されていないままなので、湾曲は狭い縁範囲に限定されたままとなり、この縁範囲は全容量に対して極僅かな程度でしか寄与しない。

【0026】

図1Aには、シリコンウェーハ基板1が示されている。このシリコンウェーハ基板1はウェーハ表面Vに設けられたシリコン酸化物層1aと、このシリコン酸化物層1aの上に

10

20

30

40

50

位置するSiGe、有利には $Si_{1-x}Ge_x$ （ただし、 $x = 0.1 \sim 0.8$ 、特に有利には $x = 0.2 \sim 0.5$ である）から成る犠牲層5とを備えている。図1Bに示したように、犠牲層5は次のプロセスステップで、その上に位置するSiGe酸化物層5aを形成するために酸化される。このSiGe酸化物層5aはあとでエッチングストップとして働くと共に、Geのための拡散バリアとしても働き、これにより後続の高温プロセスステップにおいてGe原子が隣接のポリシリコン材料中へ拡散進出してしまうことが阻止される。Geのこのような相互拡散（Interdiffusion）は隣接した機能性のシリコンを、同じくSiGeに変換してしまい、たとえば ClF_3 による後続の犠牲層エッチングの選択性を損なう恐れがある。これに関連して、SiGe犠牲層5のGe含量は、熱により成長した酸化物中に異種原子であるGeが混入されないか、または極めて僅かにしか混入されないように、そして多かれ少なかれ純粋なシリコン酸化物がSiGe犠牲層上に形成されるように少なく設定されると特に有利である。このことは、Ge含量がたとえば50at%よりも小さく設定されることにより達成され得る。極少量のGe含量しか有しないシリコン酸化物がGeのための特に有効な拡散バリアを成す。

【0027】

次いで、図1Cに示したようにSiGe酸化物層5aの上に、ポリシリコン層20が析出される。その後、図1Dに示したように、フォトリソグラフィ技術によってポリシリコン層20が島状に構造化される。

【0028】

次いで、別のフォトリソグラフィ的なプロセスステップによって犠牲層5およびその上に位置するSiGe酸化物層5aも同じく島状に構造化される。この場合、これらの島（アイランド）の横方向の延在長さは構造化されたポリシリコン層20の横方向の延在長さよりも大きく形成されている。犠牲層5およびSiGe酸化物層5aの構造化のためには、同一のフォトマスクが使用されるが、しかし2種類のエッチングステップが必要となる。この場合、第1のエッチングステップはSiGe酸化物層5aの貫徹エッチングのために働き、そしてSiGeから成る犠牲層5でストップし、第2のエッチングプロセスはSiGeから成る犠牲層5の貫徹エッチングのために働き、そしてその下に位置する酸化物層1aでストップする。両エッチングステップはプラズマエッチングステップであると有利である。このことは図1Eに示したプロセス状態を生ぜしめる。

【0029】

その後、図1Fに示したように前記構造体が熱処理され（tempern）、このときに短時間、たとえば10分間～1時間、900～1000で酸化され、これにより犠牲層5とポリシリコン層20との上に酸化物層25が形成される。熱処理は機械的な層特性を得るためにも、つまり応力および応力勾配を減少させるためにも役立つ。酸化物層25は犠牲層5のSiGe上では、ポリシリコン層20の、ゲルマニウム不含のポリシリコン上におけるよりも迅速に成長する。その原因は、SiGe中のゲルマニウム含量がゲルマニウム不含のシリコンに比べて酸化物成長速度を著しく加速させ、しかも1.5～5倍も加速させることにある。この個所では、熱処理および酸化の高い温度の間、SiGeからポリシリコン内へのGe原子の相互拡散を阻止するために、たとえば前で説明した、SiGe犠牲層5とその上に位置するダイヤモンドポリシリコンとの間での拡散バリアの機能が必要とされる。さらに、あとからのGe相互拡散を阻止するためには、この第2の酸化プロセスにおいてもSiGe犠牲層材料上に十分にGe不含のシリコン酸化物が成長すると有利である。このことは、SiGe層中の、たとえば<50%のGe含量において達成され得る。

【0030】

次いで、図1Gに示したように、酸化物層25がエッチバック（zuruecketzen）される。この場合、このエッチングは有利には酸化物のためのプラズマエッチングプロセスで行なわれ、このプラズマエッチングプロセスはポリシリコン層20のシリコン上でストップするか、またはほぼストップする。このようなプラズマエッチングプロセスの利点は、酸化物エッチング速度が酸化物のディテールの影響をほとんど受けないことである。すな

10

20

30

40

50

わち、酸化物中に少しだけゲルマニウムが溶解しているのかどうか、または溶解していないのかどうかは特に重要とならない。前で述べたように、酸化物はGeを含有していないか、または極めて少量のGeしか含有していないことが有利である。こうして、犠牲層5のSiGeから出発する、軽度に薄化された酸化物層25によって取り囲まれた、ポリシリコン層20の酸化物不含の表面が得られる。

【0031】

次いで、図1Hに示したように、前記構造体は別のポリシリコン層30で被覆される。このポリシリコン層30は図1Iに示したように構造化され、その後、酸化物層1aに、シリコンウェーハ基板1のウェーハ表面を露出させるための窓6が形成される。

【0032】

次いで、図1Jに示したように、表側に金属から成る導電性の層9'a, 9'bが析出される。この導電性の層は、この層がダイアフラム範囲にはもはや存在しなくなり、範囲9'aでのみ導電性のポリシリコン層30にダイアフラム範囲外でコンタクトしかつ範囲9'bでシリコンウェーハ基板1に窓6を通じてコンタクトするように構造化される。さらに、ウェーハ裏面Rには後続のトレンチプロセスのために、厚いフォトレジスト、たとえば5~10μmの厚さのフォトレジストまたは厚い酸化物層から成るマスク層12'が形成される。

【0033】

次いで、図1Kに示したように、トレンチのための単段の深いエッチングプロセスが行われる。この場合、ウェーハ裏面Rからウェーハ表面Vへ向かって1つまたは複数のパーフォレーション孔15''''が形成される。深いエッチングプロセスは、たとえばドイツ連邦共和国特許第4241045号明細書に開示されているようなプラズマエッチング法であってよい。トレンチプロセスは酸化物層1aでストップする。この酸化物1aはその後に別の酸化物エッチングステップで貫徹エッチングされ、この酸化物エッチングステップは犠牲層5でストップする。

【0034】

最後に、図1Lに示したように、 ClF_3 犠牲層エッチング技術によってSiGe犠牲層5がダイアフラムMを露出させるために選択的にエッチング除去される。なおも残った酸化物層1a, 25は要求に応じてHF蒸気エッチングによってダイアフラムMの下で除去され得る。

【0035】

これによって、ダイアフラムMとシリコンウェーハ基板1との間の容量型の評価手段を備えた相対圧センサが提供されている。この場合、ダイアフラムMの内側範囲IはダイアフラムMの縁範囲RBに比べてポリシリコン層20によって厚さ増大されて、つまり厚肉化されて補剛されており、したがって公知の手段の場合よりも著しく僅かにしか湾曲させられていない。相応して、原理に起因した非直線性も、変位可能なコンデンサプレートKPのダイアフラム湾曲の低減に基づき減少する。

【0036】

本実施例の変化形では、対向電極として基板の代わりに下側のポリシリコン電極を設けることが可能である。この下側のポリシリコン層は埋設されてダイアフラムの下で導出されかつコンタクトされ得る。このことは、より大きなプロセス技術的手間を意味するが、しかしたとえば、対向電極の面がジオメトリ的にダイアフラムの内側範囲に、つまりダイアフラムの厚さが補剛されている範囲に制限され得るという利点を有している。さらに、これによって寄生容量(parasitaer.Kapazitaet)も減少する。本実施例の別の变化形では、裏面トレンチ構造化の代わりに、ウェーハ表面からのダイアフラムの構造化を実施することが可能である。これにより、ダイアフラムにはエッチング開口が形成され、これらのエッチング開口を通じてエッチングガス ClF_3 によってSiGeから成る犠牲層5の選択的な犠牲層エッチングが実施され得る。犠牲層エッチングの終了後に、これらのエッチング開口は析出プロセス、たとえばPECVDプロセスにより再び閉鎖され得る。これによりダイアフラムの下に形成された空洞内に規定の基準圧が封入される。こうして、同

10

20

30

40

50

様の形式で、表側圧力負荷のための絶対圧センサが形成される。SiGe犠牲層技術の利点はやはり、機能性のシリコンのための不動態化のためにかかるプロセス側の手間を高める必要なしに、Siに対するSiGeの選択的な ClF_3 エッチングが可能になる点にある。さらに、HF蒸気エッチング技術とは異なり、機能性の酸化物、たとえば絶縁酸化物が含まれたままとなる。この個所で念のため付言しておく、本発明においてダイヤフラムの下に薄い酸化物を除去するための、場合によっては使用されるHF蒸気エッチングステップは極めて短い時間しか必要とせず、したがって別の個所での層構築を損なわないか、または僅かにしか損なわない。

【0037】

図2A、図2B、図2C、図2D、図2E、図2F、図2G、図2H、図2I、図2J、図2Kおよび図2Lには、本発明の第2実施例による容量型の圧力センサの形のマイクロマシニング型の構成素子の主要製造ステップを示す概略的な横断面図が図示されている。

10

【0038】

本発明の第2実施例の根底を成す思想は、ダイヤフラムの、信号発生のために寄与する部分を別個の電極面として機械的に多かれ少なかれダイヤフラムから完全に分離して、これにより測定容量の範囲にもはや湾曲が全く生じなくなるようにすることにある。

【0039】

図2Aに示したように、シリコンウェーハ基板1に酸化物層1aが析出されるか、もしくは熱により形成され、酸化物層1aの上には、0.1~0.8、有利には0.2~0.5のGe含量を有するSiGeから成る犠牲層5が設けられる。さらに図2Bに示したように、SiGeから成る犠牲層5が熱により酸化され、これによりその上にSiGe酸化物層5aが形成される。このSiGe酸化物層5aはやはりエッチングストップを成すと同時にGeのための拡散バリアをも成している。このSiGe酸化物層5aは特に有利には、SiGe中のGe含量が相応して低く、たとえば<50at%に設定されると、Ge異種原子の封入なしに、つまり十分に純粋なシリコン酸化物として成長する。Ge不含またはほぼGe不含のシリコン酸化物層がGeのための特に良好な拡散バリアを成す。図2Cに示したように、SiGe酸化物層5aの上にはポリシリコン層20が全面にわたって析出され、その後たとえば900~1000で、たとえば10分間~1時間の時間にわたって熱処理され、そして図2Cに示したように、その上に薄い酸化物層25'が析出されるか、もしくは熱的に成長させられる。この成長は熱処理ステップの間、行なわれ得る。熱処理は、ポリシリコンの機械的な特性を改善するという目的にも適っている。この場合、高温処理の間、ポリシリコン内へのGe相互拡散が行われ得ないことが重要である。このことは酸化物拡散バリアによって達成される。

20

30

【0040】

その後、図2Dに示したように、唯一つのマスクによって、まず薄い上側の酸化物層25'が選択的にポリシリコン層20にまでエッチングされる。この酸化物エッチングはポリシリコン層20で自動的にストップする。引き続き、エッチングプロセスはポリシリコンのための選択的なエッチングプロセスへ切り換えられる。これによって、ポリシリコン層20は、その下に位置するSiGe酸化物層5aでストップするまで貫徹エッチングされる。SiGe酸化物層5aでのストップの後に、エッチングプロセスは再び、選択的に酸化物をエッチングしかつその下に位置するSiGeから成る犠牲層5でストップする化学的なエッチングに戻される。このためには、プラズマエッチングプロセスが使用されると有利である。なぜならば、プラズマエッチングプロセスは相応するガスの選択により、SiまたはSiGeに対する選択的な酸化物エッチングのためにも、酸化物に対して選択的なSiエッチングまたはSiGeエッチングのためにも容易に調整され得るからである。選択的な酸化物エッチングの場合には、 CHF_3 、 CF_4 および CHF_3 、 C_4F_8 + CF_4 等のようなプロセスガスが使用される。選択的なSiエッチングまたはSiGeエッチングのためには、ドイツ連邦共和国特許第4241045号明細書に開示されているプロセスが使用され得ると有利である。この場合、これらのステップを順次に、または

40

50

同一のプラズマエッチング設備で実施することが可能となる。酸化物エッチングからポリシリコンエッチングへのチェンジ時またはポリシリコンエッチングから酸化物エッチングへの戻しチェンジ時には、プロセスガスだけが切り換えられる。原理的にはそれどころか、各ステップの合間に設備からウェーハをアンローディングする必要なしに、これらのステップを順次に実施することも可能である。エッチングストップはそれぞれ、たとえばプラズマにおける光学的な発光分光分析法 (Emissionsspektroskopie) またはレーザ終点検出等の終点検出 (Endpunkterkennung) のための自体公知の方法によって検出され得る。有利には唯一つのマスクを用いて順次に実施されるこれら 3 つのエッチングステップの結果は図 2 D に示されている。

【 0 0 4 1 】

その後、図 2 E に示したように、前記層構造が別の SiGe 犠牲層 4 0 で被覆される。次いで、図 2 F に示したように、ダイヤフラム範囲を位置固定するために最下位の酸化物層 1 a にまで層スタックの貫徹エッチングが行われ、ダイヤフラム範囲に窓 7 が設けられる。この窓 7 は酸化物層 2 5 ' にまで延びている。このためにも、ドイツ連邦共和国特許第 4 2 4 1 0 4 5 号明細書に開示されているプラズマエッチングプロセスが使用されると有利である。なぜならば、このプラズマエッチングプロセスは酸化物に対して極めて高い選択性を有しているため、プロセスをストップさせるために酸化物層 2 5 ' の形の極めて薄い酸化物で十分となり、かつダイヤフラム範囲外で酸化物層 1 a にまでエッチングが進行するまでの間、この極めて薄い酸化物上での十分に長い過剰エッチングを可能にするからである。薄い酸化物層 2 5 ' がこの過剰エッチング時に突破されてしまうと、埋設されたポリシリコン構造体は極めて迅速に破壊される、つまりエッチング除去されてしまう。このことはいかなる場合にも回避されなければならない。

【 0 0 4 2 】

こうして得られた構造体は図 2 G に示したように、別の熱酸化に施され、これによりダイヤフラム範囲の上に酸化物層 4 5 が形成される。この場合に留意すべきことは、SiGe がゲルマニウム不含のシリコンよりも著しく迅速に、つまり 1 . 5 ~ 5 倍だけ迅速に酸化することである。すなわち、酸化時に成長した酸化物層 4 5 はポリシリコン層 2 0 上では極めて薄くしか形成されず、それに対して犠牲層層 4 0 もしくは犠牲層 5 の開いた SiGe 面上では著しく厚く形成される。これに関連して、SiGe 層上に成長した酸化物が Ge 異種原子を取り込んでいないか、または極めて少量の Ge 異種原子しか取り込んでいないとやはり有利である。このことは、たとえば < 5 0 % の SiGe 層の十分に低い Ge 含量により達成され得る。Ge 含量は他方では、SiGe 材料上での酸化物形成の成長加速を達成するために十分な高さであることが望ましい。このことは実際には、SiGe 材料中の Ge 含量に関して 0 . 2 ~ 0 . 5 もしくは 0 . 3 ~ 0 . 4 の値範囲に相当する。

【 0 0 4 3 】

このことは窓 7 内の酸化物の、マスクングされていない全面エッチバックを可能にする。このエッチバックは有利には酸化物のための自体公知のプラズマエッチングプロセスを用いて行われ、このプラズマエッチングプロセスは選択的にポリシリコン層 2 0 でストップする。これにより、窓 7 内のポリシリコン表面が露出される。SiGe 表面上の酸化物層はポリシリコン表面上よりも著しく厚く形成されているので、SiGe 範囲のこの酸化物層はエッチバックの後でも、後続のプロセスでなおゲルマニウムのための拡散バリアとして必要とされるような十分な厚さを維持する。このプロセス状態は図 2 H に示されている。

【 0 0 4 4 】

図 2 I には、新たにポリシリコン層 5 0 が全面被着されかつ構造化された後の状態が示されている。さらに図面を見て右側には、シリコンウェーハ基板 1 を露出させかつコンタクトするための窓 6 が示されている。さらに、裏面には、後続のトレンチプロセスのための厚いフォトレジストまたは酸化物から成るマスク層 1 2 ' が被着されている。

【 0 0 4 5 】

次いで、図 2 J に示したように、導電性の層、有利にはたとえばアルミニウムまたは A

10

20

30

40

50

1 CuまたはAlSiCuのようなコンタクト金属の析出および構造化が行われ、この場合、図2 Jの左側ではポリシリコン層50のコンタクトのために範囲9' aが形成され、図2 Jの右側では窓6内でのシリコンウェーハ基板1のコンタクトのために範囲9' bが形成される。

【0046】

次いで、図2 Kに示したように、ウェーハ裏面Rからのトレンチエッチングプロセスが行われる。このトレンチエッチングプロセスはまず酸化物層1 aでストップし、そして別のエッチングプロセスで酸化物層1 aを貫通した後に犠牲層5にまで進行される。このためにも、 CHF_3 、 C_4F_8 、 CF_4 、 C_3F_8 等またはこれらの混合物のようなプロセスガスを主体としたプラズマエッチングプロセスが使用される。なぜならば、これによ

10

【0047】

最後に図2 Lに示したように、犠牲層5と犠牲層40とが ClF_3 犠牲層エッチングで選択的に除去され、これによりダイヤフラムMとその下に位置する空隙Hとが露出される。同じくこの場合にも、ダイヤフラム範囲に残った酸化物層1 a, 5 a, 25', 45の除去はHF蒸気エッチングによって可能となる。このHF蒸気エッチングは極めて短い時間しか必要とせず、そして短い作用時間に基づきその他の酸化物層を僅かにしか攻撃しない。

20

【0048】

ダイヤフラムMの内側範囲I'に位置する下側のポリシリコン構造体は、機械的にはダイヤフラムMに生じ得る撓みから分離されているが電気的にはダイヤフラムMに結合されているコンデンサプレートK P'として作用する。このコンデンサプレートK P'と下側の対向電極とにより形成されたコンデンサは、非直線性が存在することなしに、かつ従来必要とされていたこのような非直線性の補正の必要性なしに、静電容量の逆数の厳格に圧力比例的な特性を有している。ダイヤフラムMの縁範囲R B'はこの場合、容量にはほとんど寄与しない。すなわち、結果として線形の相対圧センサが得られる。

30

【0049】

前記実施例の変化形では、絶対圧センサを製作することも可能である。このためには、裏面トレンチプロセスの代わりに表面側からダイヤフラムMのパーフォレーションをエッチング加工することができる。複数のエッチング孔、有利には極めて少数のエッチング孔の設置により、後続の犠牲層エッチング時のプロセスガス ClF_3 のために犠牲層へ到達するための進入路が開通される。このためには、大きな到達距離、エッチング速度およびSiGeに対する ClF_3 の選択性に基づき、有利には僅か少数のエッチング孔で十分となり、これらのエッチング孔は、たとえばダイヤフラムの、エッチング孔が妨害因子にならない範囲、つまりエッチング孔が機械的にダイヤフラム特性にできるだけ僅かな影響しか与えないような範囲に設けられる。エッチング開口のためのこのような有利な個所は、たとえば圧力によるダイヤフラム負荷下に特に小さな機械的応力しか有しない個所、たとえばダイヤフラムセンタの近傍に位置する個所または特に有利には変位されたダイヤフラムの撓み線の反転点に位置する個所(ダイヤフラムの縁部からダイヤフラム直径の約1/4だけ遠ざけられた応力逆転点)である。

40

【0050】

これらのエッチング開口は犠牲層エッチングの終了後に、たとえばCVD法により再び気密に閉鎖される。この場合、CVD析出時における相応するプロセス条件を選択することにより、ダイヤフラムMの下の空洞内には規定の基準圧が封入され得る。こうして、SiGe犠牲層技術は、圧力敏感なダイヤフラムMに自由に懸吊されたコンデンサプレートを備えた、比較的複雑な構造体の製造を可能にする。このコンデンサプレートはダイヤフ

50

ラム M 自体の撓み時に一緒に湾曲しない。したがって、このことは高い直線性を有する容量型の絶対圧センサをも可能にする。

【 0 0 5 1 】

また、上で説明した方法の変化形では、付加的にダイヤフラムの下に、もしくはダイヤフラムに設けられたポリシリコンプレートの下に、下側のポリシリコン電極を設けることが可能となる。このポリシリコン電極はダイヤフラム範囲から埋設された状態で導出され、表側で金属被覆されかつコンタクトされ得る。その場合、下側の対向電極としての基板の代わりに、この下側のポリシリコン電極を容量評価のための下側の対向電極として利用することができるので有利である。プロセス側の手間はこのような手段によってたしかに高められるが、しかしその代わりに、下側の対向電極をダイヤフラムに設けられた上側のポリシリコンプレートの面に限定することが可能になるので有利である。下側の対向電極の面と上側のポリシリコンプレートの面とが互いに調和されかつ適合されていると、ダイヤフラムの縁範囲の、測定容量への容量寄与分を一層減少させるか、もしくは完全に消滅させることができる。このことは、測定セルの逆容量特性の、これらの縁範囲から生ぜしめられる非直線性を一層減少させるか、もしくは取り除く。

【 0 0 5 2 】

以上、本発明を有利な実施例につき説明したが、本発明はこれらの実施例に制限されるものではなく、種々様々に改良可能である。

【 0 0 5 3 】

特に、本発明の対象から逸脱することなしに、個々のプロセスステップの順序を互いに入れ替えることもできる。すなわち、たとえばウェーハ裏面処理をウェーハ表面処理の前に行うか、またはウェーハ表面処理の前に完結させておくか、あるいはウェーハ表面処理を最初に行うか、または最初に完結させておき、その後ウェーハ裏面処理を行うことができる。しかし、ウェーハ表面およびウェーハ裏面における個々の方法ステップを全プロセス経過中に順次に互いに交互に実施することもできる。すなわち、まず最初にウェーハ表面が処理され、次いで再びウェーハ裏面が処理され、引き続きウェーハ表面とウェーハ裏面とが、それぞれ 1 つまたは複数のステップにわたって交互に処理されてゆく。上で説明したプロセスの流れは多くの点で有利であるとみなされ得るが、しかし本発明の枠内での唯一の可能なプロセス経過であるわけではない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 4 】

【 図 1 A 】 本発明の第 1 実施例による容量型の圧力センサの形のマイクロマシニング型の構成素子の主要製造ステップのうち第 1 の製造ステップを示す横断面図である。

【 図 1 B 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 2 の製造ステップを示す横断面図である。

【 図 1 C 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 3 の製造ステップを示す横断面図である。

【 図 1 D 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 4 の製造ステップを示す横断面図である。

【 図 1 E 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 5 の製造ステップを示す横断面図である。

【 図 1 F 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 6 の製造ステップを示す横断面図である。

【 図 1 G 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 7 の製造ステップを示す横断面図である。

【 図 1 H 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 8 の製造ステップを示す横断面図である。

【 図 1 I 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 9 の製造ステップを示す横断面図である。

【 図 1 J 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 10 の製造ステップを示す横断面図である。

。

【 図 1 K 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 11 の製造ステップを示す横断面図である。

。

【 図 1 L 】 図 1 に示した第 1 実施例における第 12 の製造ステップを示す横断面図である。

。

【 図 2 A 】 本発明の第 2 実施例による容量型の圧力センサの形のマイクロマシニング型の構成素子の主要製造ステップのうち第 1 の製造ステップを示す横断面図である。

【 図 2 B 】 図 2 に示した第 2 実施例における第 2 の製造ステップを示す横断面図である。

【図 2 C】図 2 に示した第 2 実施例における第 3 の製造ステップを示す横断面図である。
 【図 2 D】図 2 に示した第 2 実施例における第 4 の製造ステップを示す横断面図である。
 【図 2 E】図 2 に示した第 2 実施例における第 5 の製造ステップを示す横断面図である。
 【図 2 F】図 2 に示した第 2 実施例における第 6 の製造ステップを示す横断面図である。
 【図 2 G】図 2 に示した第 2 実施例における第 7 の製造ステップを示す横断面図である。
 【図 2 H】図 2 に示した第 2 実施例における第 8 の製造ステップを示す横断面図である。
 【図 2 I】図 2 に示した第 2 実施例における第 9 の製造ステップを示す横断面図である。
 【図 2 J】図 2 に示した第 2 実施例における第 10 の製造ステップを示す横断面図である

。 【図 2 K】図 2 に示した第 2 実施例における第 11 の製造ステップを示す横断面図である 10

。 【図 2 L】図 2 に示した第 2 実施例における第 12 の製造ステップを示す横断面図である

【符号の説明】

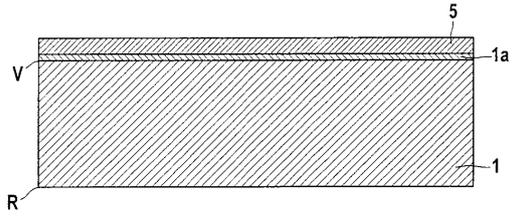
【 0 0 5 5 】

- 1 シリコンウェーハ基板
- 1 a シリコン酸化物層
- 5 犠牲層
- 5 a SiGe 酸化物層
- 6 窓
- 7 窓
- 9 ' a , 9 ' b 導電性の層
- 1 2 ' マスク層
- 1 5 ' ' ' パーフォレーション孔
- 2 0 ポリシリコン層
- 2 5 , 2 5 ' 酸化物層
- 3 0 ポリシリコン層
- 4 0 犠牲層
- 4 5 酸化物層
- 5 0 ポリシリコン層
- I , I ' 内側範囲
- R B , R B ' 縁範囲
- K P , K P ' コンデンサプレート
- M ダイヤフラム
- V ウェーハ表面
- R ウェーハ裏面
- H 空隙

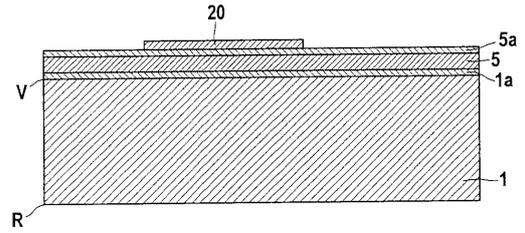
20

30

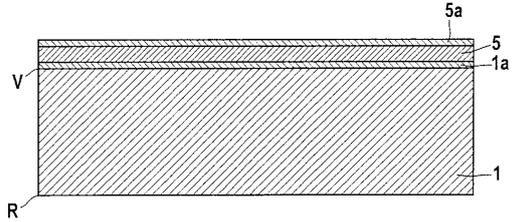
【図 1 A】



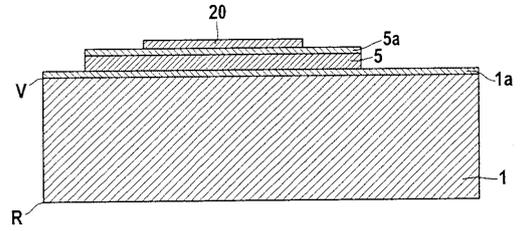
【図 1 D】



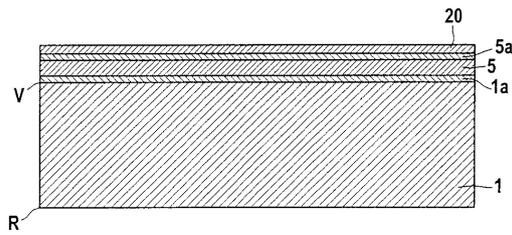
【図 1 B】



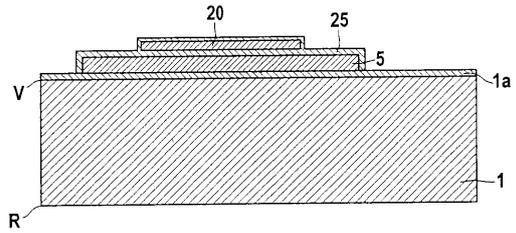
【図 1 E】



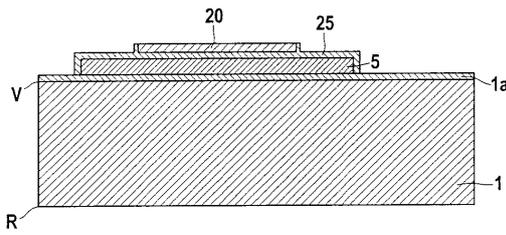
【図 1 C】



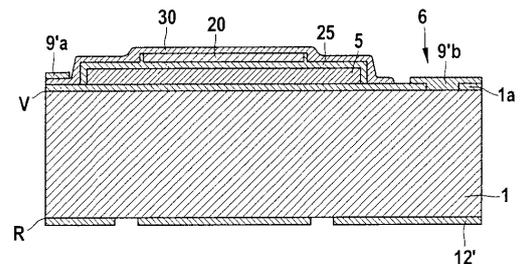
【図 1 F】



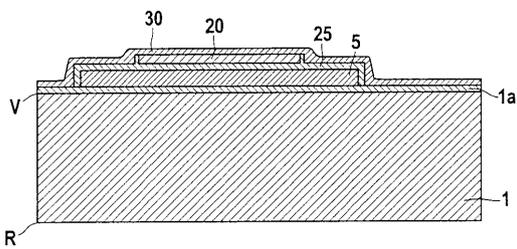
【図 1 G】



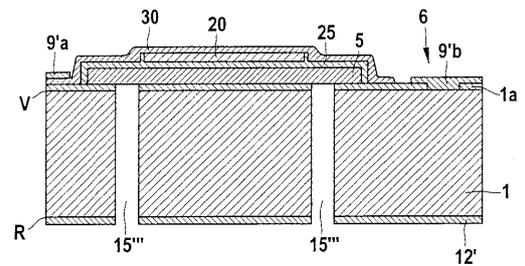
【図 1 J】



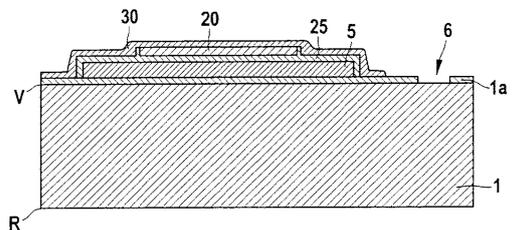
【図 1 H】



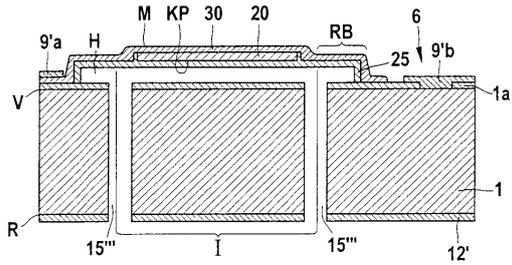
【図 1 K】



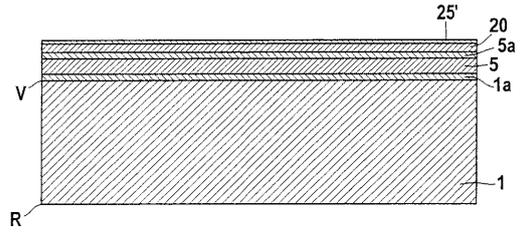
【図 1 I】



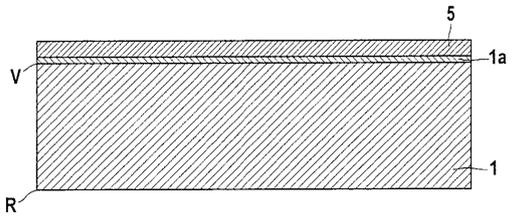
【図 1 L】



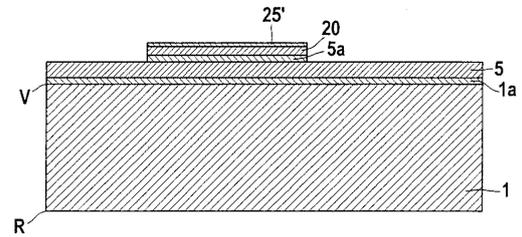
【図 2 C】



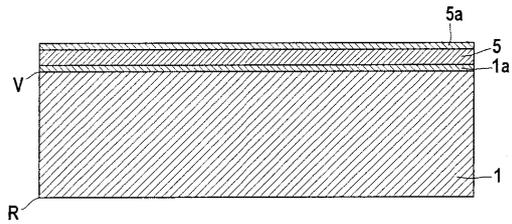
【図 2 A】



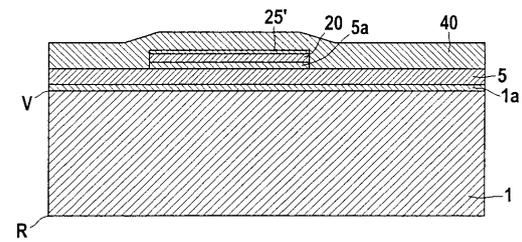
【図 2 D】



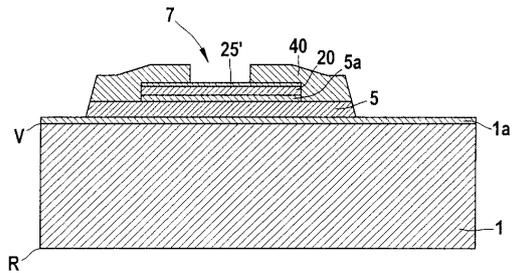
【図 2 B】



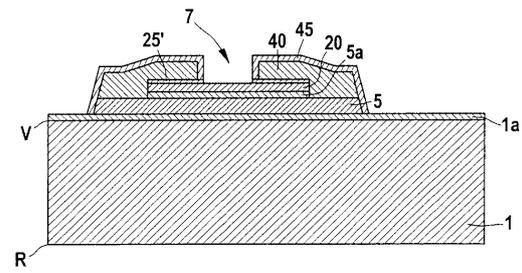
【図 2 E】



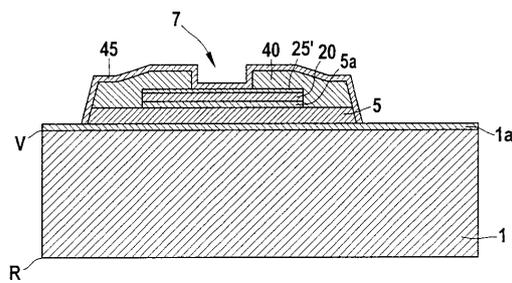
【図 2 F】



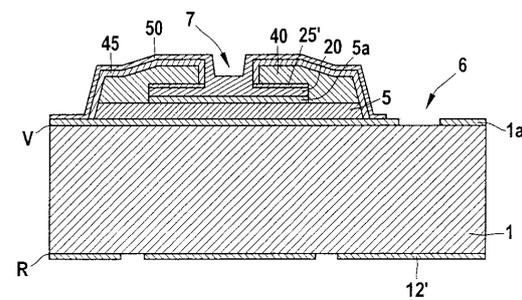
【図 2 H】



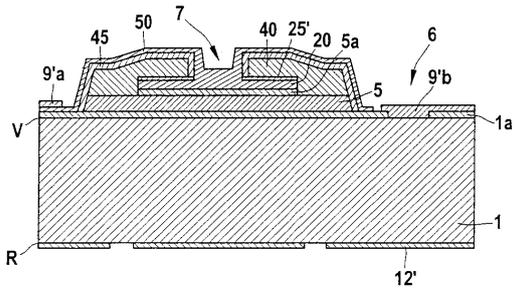
【図 2 G】



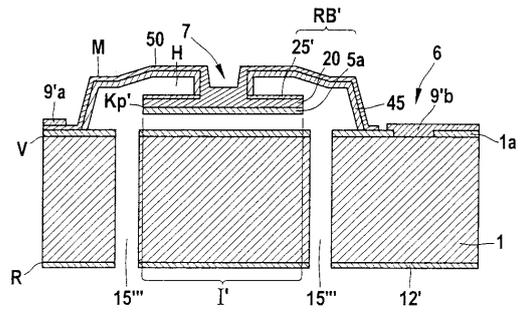
【図 2 I】



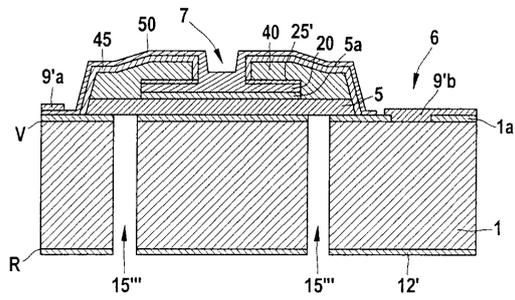
【図 2 J】



【図 2 L】



【図 2 K】



フロントページの続き

- (72)発明者 フランツ レルマー
ドイツ連邦共和国 ヴァイル デア シュタット ヘルマン - シュッツ - シュトラーセ 22
- (72)発明者 ジルヴィア クローンミュラー
ドイツ連邦共和国 シュヴァイクハイム ルートヴィヒスブルガー シュトラーセ 57
- (72)発明者 クリスティーナ ライネンバッハ
ドイツ連邦共和国 エンスドルフ エアレンシュトラーセ 18

審査官 馬場 進吾

- (56)参考文献 特開2000 - 214035 (JP, A)
特開平05 - 231970 (JP, A)
特開平06 - 347353 (JP, A)
国際公開第00 / 42231 (WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B81B	3 / 00
B81C	1 / 00
G01L	9 / 00
H01L	29 / 84