

(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2006-105687

(P2006-105687A)

(43) 公開日 平成18年4月20日(2006.4.20)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 27/414 (2006.01)	GO 1 N 27/30 3 O 1 U	2 G O 6 O
GO 1 N 27/22 (2006.01)	GO 1 N 27/22 B	
	GO 1 N 27/30 3 O 1 R	
	GO 1 N 27/30 3 O 1 L	
	GO 1 N 27/30 3 O 1 W	
審査請求 未請求 請求項の数 38 O L (全 37 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2004-290445 (P2004-290445)	(71) 出願人	000005049 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(22) 出願日	平成16年10月1日(2004.10.1)	(74) 代理人	100065248 弁理士 野河 信太郎
		(72) 発明者	堀井 新司 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
		(72) 発明者	谷上 拓司 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
		Fターム(参考)	2G060 AA06 AC10 AE17 AF03 AF10 AG01 AG11 AG15 FA05 FA07 HA02 HC10 HC18 HD03 JA06 KA06

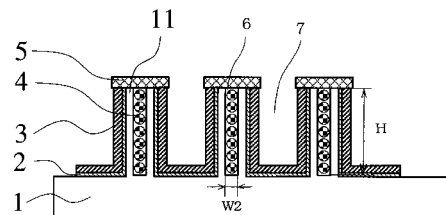
(54) 【発明の名称】 電位センサ、その製造方法および電位センサデバイス

(57) 【要約】

【課題】 安価で信頼性が高く既存の測定器を用いて簡単に検査可能な電位センサ、その製造方法および電位センサデバイスを提供すること。

【解決手段】 被測定物質と接触して化学反応を生じる物質検出材料4と、この物質検出材料4を収容する少なくとも1つの凹部6を有する半導体基板1と、この半導体基板1に設けられた電極3とを備え、前記電極3が前記物質検出材料4と被測定物質との化学反応による電位の変化を検出する電位センサを提供することにより、上記課題を解決する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被測定物質と接触して化学反応を生じる物質検出材料と、この物質検出材料を収容する少なくとも1つの凹部を有する半導体基板と、この半導体基板に設けられた電極とを備え、前記電極が前記物質検出材料と被測定物質との化学反応による電位の変化を検出することを特徴とする電位センサ。

【請求項 2】

物質検出材料を収容した凹部の開口部が、凹部内の物質検出材料を通過させずに被測定物質を通過させる被覆膜にて封止された請求項 1 に記載の電位センサ。

【請求項 3】

凹部半導体基板に溝部を有し、前記溝部の凹部側の側面に少なくとも上記電極が形成された請求項 1 または 2 に記載の電位センサ。

10

【請求項 4】

半導体基板溝部の側面と上記電極との間に第 1 絶縁膜が形成されている請求項 3 に記載の電位センサ。

【請求項 5】

半導体基板の凹部に第 2 絶縁膜が形成されている請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 6】

第 1 絶縁膜と第 2 絶縁膜が同一の材料で形成されている請求項 5 に記載の電位センサ。

20

【請求項 7】

半導体基板の凹部内の第 2 絶縁膜上に導電膜が形成されている請求項 5 または 6 に記載の電位センサ。

【請求項 8】

前記電極と前記導電膜が同一の材料で形成されている請求項 7 に記載の電位センサ。

【請求項 9】

前記電極の膜厚が第 1 絶縁膜の膜厚よりも厚い請求項 4 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 10】

第 1 絶縁膜が半導体基板の溝部の底面にも形成されると共に、電極が第 1 絶縁膜の底面部分上にも形成されており、第 1 絶縁膜における底面部分の膜厚が側面部分の膜厚より厚い請求項 4 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

30

【請求項 11】

第 2 絶縁膜が半導体基板の凹部の底面にも形成されると共に、導電膜が第 2 絶縁膜の底面部分上にも形成されており、第 2 絶縁膜における底面部分の膜厚が側面部分の膜厚より厚い請求項 5 ~ 10 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 12】

第 1 絶縁膜の上端部分が、凹部から溝部に渡って膨出状に形成された請求項 4 ~ 11 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 13】

半導体基板の凹部の深さが溝部の深さよりも深い請求項 3 ~ 12 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

40

【請求項 14】

半導体基板の凹部の深さが溝部の深さよりも浅い請求項 3 ~ 12 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 15】

凹部の側面は、開口幅よりも奥部幅が小さくなる傾斜面である請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 16】

凹部の側面と底面は連続した曲面である請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 つに記載の電位セ

50

ンサ。

【請求項 17】

溝部の側面と底面との間に傾斜面を有する請求項 3 ~ 14 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 18】

溝部の側面と底面との間に曲面を有する請求項 3 ~ 14 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 19】

半導体基板の溝部の側面に形成された電極の上端面の高さが、半導体基板における凹部と溝部の間の凸部上端面の高さよりも低い請求項 3 ~ 18 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

10

【請求項 20】

被覆膜の一部が、凹部の開口部に埋設されている請求項 1 ~ 19 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 21】

溝部が埋め込み絶縁膜で埋め込まれている請求項 3 ~ 20 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 22】

埋め込み絶縁膜が無機物である請求項 21 に記載の電位センサ。

【請求項 23】

埋め込み絶縁膜が有機物である請求項 21 に記載の電位センサ。

20

【請求項 24】

凹部が複数個マトリックス状に配置されている請求項 1 ~ 23 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 25】

埋め込み絶縁膜の一部に形成されたコンタクト孔を介して電極と接続する検出端子を有する請求項 21 ~ 24 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 26】

複数個の凹部にそれぞれ異なる物質検出材料が収容され、かつ、各凹部にそれぞれ対応した複数個の検出端子を有する請求項 25 に記載の電位センサ。

30

【請求項 27】

物質検出材料が生体物質である請求項 1 ~ 26 のいずれか 1 つに記載の電位センサ。

【請求項 28】

(a) 半導体基板の表面に複数の溝部を形成する工程、
 (b) 少なくとも前記溝部の内面に絶縁膜を形成する工程、
 (c) 少なくとも溝部内の前記絶縁膜上に電極を形成する工程、
 (d) 前記半導体基板の溝部間に凹部を形成する工程、
 (e) 前記凹部内に、被測定物質と接触して化学反応を生じる物質検出材料を埋設する工程を含むことを特徴とする電位センサの製造方法。

【請求項 29】

凹部内の物質検出材料を通過させずに被測定物質を通過させる被覆膜にて、物質検出材料が埋設された凹部の開口部を封止する工程 (f) を含む請求項 28 に記載の電位センサの製造方法。

40

【請求項 30】

工程 (c) が、溝部の開口部周辺の電極を除去する工程を含む請求項 28 または 29 に記載の電位センサの製造方法。

【請求項 31】

溝部に埋め込み絶縁膜を埋設する工程 (g) を含む請求項 28 ~ 30 のいずれか 1 つに記載の電位センサの製造方法。

【請求項 32】

50

工程 (b) が、凹部の内面に絶縁膜を形成する工程を含む請求項 2 8 ~ 3 1 のいずれか 1 つに記載の電位センサの製造方法。

【請求項 3 3】

工程 (c) が、凹部内の絶縁膜上に電極を形成する工程を含む請求項 3 2 に記載の電位センサの製造方法。

【請求項 3 4】

工程 (b) が、溝部の側面および底部に、側面部分よりも底面部分の膜厚を厚くして絶縁膜を形成し、溝部の側面部分の絶縁膜を除去して底面部分の絶縁膜を残存させる工程を含む請求項 2 8 ~ 3 3 のいずれか 1 つに記載の電位センサの製造方法。

【請求項 3 5】

工程 (b) が、複数の溝部を有する半導体基板の表面に第 1 の酸化絶縁膜を形成し、前記第 1 の酸化膜上に窒化膜を形成し、前記窒化膜をエッチバックして溝部の側面に窒化膜のサイドウォールを形成し、第 1 の酸化絶縁膜の露出部分を熱酸化して、第 1 の酸化絶縁膜よりも膜厚の厚い第 2 の酸化絶縁膜を形成し、窒化膜を除去して、半導体基板における溝部間および溝部の底面に厚く側面に薄い絶縁膜を形成する工程を含む請求項 2 8 ~ 3 4 のいずれか 1 つに記載の電位センサの製造方法。

10

【請求項 3 6】

埋め込み絶縁膜の一部に電極に達するコンタクト孔を開口し、このコンタクト孔に導電性材料を埋設することにより電極と接続する検出端子を形成する工程 (h) を含む請求項 3 0 ~ 3 5 のいずれか 1 つに記載の電位センサの製造方法。

20

【請求項 3 7】

上記請求項 1 ~ 2 7 のいずれか 1 つに記載の電位センサを複数個備えたことを特徴とする電位センサデバイス。

【請求項 3 8】

物質検出材料が電位センサ毎に異なる請求項 3 7 に記載の電位センサデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電位センサ、その製造方法および電位センサデバイスに関し、より詳細には、被測定物質 (標的物質) がセンサ内の物質検出材料と接触して化学反応した際に生じる電位の変化を検出可能な電位センサに関する。

30

【背景技術】

【0002】

近年、生体機能利用して物質を測定検出する方法としてバイオセンサの研究開発が盛んに行われている。一般的にバイオセンサデバイスは物質検出部 (有機薄膜もしくは生体物質等) と、物質の検出を電気的な信号に変換する信号変換部 (半導体デバイス等) で構成されている。このようなバイオセンサデバイスでは、被測定物質 (標的物質) と物質検出材料とが化学反応によって起こる物質の状態の変化を、電気信号の変化量としてセンシングしている。その際、物質検出部には、例えば酵素、抗体、レセプタータンパクなどが配されており、信号変換部には、具体的には F E T、サーミスタ、ピエゾ素子、M O S キャパシタ、抵抗素子などが備えられている。しかし、これらデバイスの電極に例えば生体物質等を固定するには歩留まりの低下や品質信頼性の技術的課題があった。

40

【0003】

上記課題を解決させるべく、特開 2 0 0 0 - 9 7 8 9 4 号公報 (特許文献 1) には、インクジェット方式により薄膜材料溶液を微量電極表面上に印字して分子認識膜を形成する高効率で高品質なセンサデバイスが開示されている。しかし、このセンサデバイスを用いて検査を行う場合は、被検査物質をセンサデバイス上に噴射して検査するための専用のインクジェット装置や検査装置の導入が必要であり、設備導入やメンテナンス等によるコスト負担がシステム導入の障壁となることが考えられる。

【0004】

50

また、生物が外的刺激を認識した際にその情報を細胞内部に伝達する物質として、優れたセンシング機能を有しているレセプター蛋白質が一般に知られているが、レセプター蛋白質は人工脂質膜カプセル等に入った状態で4～6nm程度と非常に微細であり、デバイスへの圧着固定および圧着固定する量を一定に保つことは困難である。さらにこの場合、レセプター蛋白質である生体物質が被測定物質と反応し帯電する現象を信号変換部にてセンシングするが、一定量の生体物質を圧着固定できない限り、生体物質が被測定物質と反応し帯電したかどうかの“0”、“1”判定は可能であっても帯電量の測定は信頼性に欠ける。

【0005】

【特許文献1】特開2000-97894号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、安価で信頼性が高く既存の測定器を用いて簡単に検査可能な電位センサ、その製造方法および電位センサデバイスを提供することを課題とし、さらには、物質検出材料を精度良く安定してセンサに内蔵させる方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

かくして、本発明によれば、被測定物質と接触して化学反応を生じる物質検出材料と、この物質検出材料を収容する少なくとも1つの凹部を有する半導体基板と、この半導体基板に設けられた電極とを備え、前記電極が前記物質検出材料と被測定物質との化学反応による電位の変化を検出する電位センサが提供される。

20

また、本発明は別の観点によれば、(a)半導体基板の表面に複数の溝部を形成する工程、(b)少なくとも前記溝部の内面に絶縁膜を形成する工程、(c)少なくとも溝部内の前記絶縁膜上に電極を形成する工程、(d)前記半導体基板の溝部間に凹部を形成する工程、および(e)前記凹部内に、被測定物質と接触して化学反応を生じる物質検出材料を埋設する工程を含む電位センサの製造方法が提供される。

また、本発明は別の観点によれば、上記電位センサを複数個備えた電位センサデバイスが提供される。

【発明の効果】

30

【0008】

本発明の電位センサは、半導体基板の表面側の凹部に物質検出材料を収容した半導体基板と、半導体基板の表面側の少なくとも凹部外部に形成された電極を有する構成であり、表面電極を上部電極とし、物質検出材料と接触している半導体基板の例えば裏面を下部電極とする一種のキャパシタ構造をなしている。この電位センサでは、電極と半導体基板の例えば裏面に、電位変化量を測定する既存の容量測定器の端子をそれぞれ電氣的に接続し、半導体基板表面に被測定物質(例えばブドウ糖を含む溶液)を滴下することにより、被測定物質が目的とする物質(標的物質)か否かを判別することができる。つまり、被測定物質が標的物質である場合は、物質検出材料(例えばレセプター蛋白質)と接触すると化学反応を生じて融合し、それにより物質検出材料自体が帯電する。その結果、帯電した物質検出材料が半導体基板に電位を誘起し、被測定物質滴下前の電位との変化量を電極で検出し、測定器にて電位の変化量を測定することができる。この際、凹部の容量は一定であるため、凹部内に物質検出材料を一定量収容することが可能であり、よって定量的に電位の変化量を測定可能である。これに加え、凹部を複数個有する場合には、各凹部内の物質検出材料の量のばらつきを少なくすることができる。

40

このように、本発明の電位センサによれば、構造が簡素であるため安価であり、既存の容量測定器を用いて簡単にかつ高い信頼性で検査することができる。また、凹部を複数個有する場合、各凹部に同一の物質検出材料を埋設することにより電位センサの感度を増幅することができる。

【0009】

50

本発明の電位センサの製造方法によれば、半導体基板への溝加工および凹部加工を公知のフォトリソ技術を用いることができ、表面電極形成は公知の成膜技術（例えばCVD法、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法等）を用いることができ、半導体基板の加工を容易に行うことができる。

また、半導体基板の凹部に物質検出材料を埋設するので、物質検出材料の半導体基板への固定が容易である。

また、物質検出材料の大きさを考慮に入れながら上記のような半導体装置製造技術を用いて所望の大きさ、形状の凹部を高精度に形成することができるので、所定容量の凹部の加工を容易に行うことができ、凹部に埋設する物質検出材料の量のバラツキを小さくして物質検出材料を安定的にセンサに内蔵させることができる。その結果、信頼性の高い電位センサを得ることができる。特に、凹部が複数個設けられている場合には、各凹部に同量の物質検出材料が埋設可能となる。

10

【0010】

本発明の電位センサデバイスの別の観点によれば、物質検出材料を電位センサ毎に異なるものとすれば、同一チップ内に異なる複数の機能が付加されたことになるので複数の異なる標的物質の検出が可能となり、評価能率が大幅に向上する。特に、特定の1つの標的物質を検出するまでの検査時間を大幅に短縮化できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の電位センサの実施の形態を図面に基づいて詳説する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。

20

【0012】

[実施の形態のAグループ]

実施の形態のAグループは、後述する実施の形態1～16（図3～19）が含まれており、これらの電位センサは、被測定物質と接触して化学反応を生じる物質検出材料と、この物質検出材料を収容する複数の凹部を表面側に有する半導体基板と、半導体基板の凹部の周囲に形成された溝部と、この半導体基板の表面側の各凹部の外部に設けられ、物質検出材料と被測定物質との化学反応による電位の変化を検出するための電極と、半導体基板の溝部の側面と電極との間に形成された第1絶縁膜と、凹部内の物質検出材料を通過させずに被測定物質を通過させるように凹部を封止する被覆膜を備えた構成である。これら実施の形態1～16の電位センサは、図1に示すように同一チップ内に凹部が複数個1列に並列して配置される、あるいは図2に示すように同一チップ内に凹部が複数個マトリクス状に配置される。なお、図1および2は、本発明の電位センサから後述の被覆膜を除去した状態での平断面図であって、図中A-A線は図3の断面方向を表し、B-B線は図4～21の断面方向を表している。

30

【0013】

(実施の形態1)

図3は本発明の電位センサの実施の形態1を示す図1および2のA-A線断面図であり、図4は実施の形態1を示す図1および2のB-B線断面図である。

図1～4を参照しながら説明すると、この実施の形態1の電位センサは、表面側に複数の凹部6および溝部7を有する半導体基板1と、溝部7の側面および底面に形成された第1絶縁膜2と、溝部7の側面および底面の第1絶縁膜2上に形成された電極3と、各凹部6内に埋設された物質検出材料4と、各凹部6の開口部を封止する被覆膜5とを備える。つまり、複数の凹部6を備えた半導体基板1の各凹部6に物質検出材料4を配置し、被測定物質透過膜としての被覆膜5で閉じ込めて物質検出部を構成し、半導体基板1を挟んで物質検出材料4と対向する側面部の少なくとも一部に第1絶縁膜2を介して電極3が配置されて信号変換部を構成している。

40

【0014】

本発明において、半導体基板1としては、特に限定されるものではなく、半導体分野で通常使用されるものが使用可能であり、例えば半導体シリコン基板、半導体シリコンゲル

50

マニウム基板、半導体ガリウム砒素基板、半導体インジウム燐基板、サファイア基板、ダイヤモンド基板等が挙げられ、単結晶、多結晶およびアモルファスのいずれでもよく、かつ、P型でもN型でもよい。特に、半導体製造に最も多く用いられており、製造の容易性、信頼性の観点から単結晶のP型シリコン基板が好ましい。

第1絶縁膜2としては、半導体基板1の表面を熱酸化して得られる酸化膜が適当であり、半導体基板1がシリコン基板の場合は第1絶縁膜としてシリコン酸化膜が形成される。

電極3としては、半導体膜あるいは金属膜を使用することができ、半導体膜としては、半導体基板と逆の導電型のシリコン膜、ゲルマニウム膜等が挙げられ、単結晶、多結晶、アモルファスのいずれでもよく、金属膜としては例えばアルミニウム、タングステン或は銅等の元素を含む金属やニッケル、白金、金等が挙げられる。特に、現在の半導体製造技術において最も信頼性の高いと考えられるとの観点から多結晶のN型シリコン基板が好ましい。

10

【0015】

物質検出材料4としては、目的とする標的物質と化学反応を生じて帯電可能な材料であれば特に限定されるものではないが、例えば標的物質がブドウ糖、グルコース、尿素、アミノ酸、その他例えば環境ホルモンのような化学物質等である場合は、物質検出材料としてレセプター蛋白質、酵素、抗体等の生体物質が挙げられる。なお、物質検出材料4の量は、使用する物質検出材料4を考慮した半導体基板1の凹部6の容量によってほぼ決定され、これについては後述する。

被覆膜5としては、絶縁性であり、被測定物質は通過（透過）させるが物質検出材料は通過させず、被測定物質および物質検出材料に対して無反応の膜であれば特に限定されるものではない。例えば、被覆膜としてはセルロース膜、ポリカーボネート、ポリエステル活性炭（繊維状）、エポキシ樹脂、ガラス繊維、コットン、ポリプロピレン、アセテート、アクリル、四フッ化エチレン等が挙げられる。特に、標的物質がブドウ糖、グルコース、アミノ酸等であれば、セルロース膜等が好ましい。

20

【0016】

具体的に実施の形態1の電位センサの材料、構造等について説明すると、半導体基板1はP型シリコン基板からなる。この半導体基板1のサイズは、例えば1~100mm×1~100mm程度である。凹部6は、半導体基板1の表面側に所定間隔で並列して複数形成された直方体形の凸部11を上面から直方体形に切り抜いた構造であり、各凸部6の周囲が溝部7とされている。ここで、本発明において溝部とは、凸部11間のみに限らず半導体基板1の外周領域の切欠部分も含むものと定義する。この場合、凹部6の底面の深さ位置は半導体基板1の表面における溝部7の底面の位置とほぼ一致している。

30

【0017】

この凹部6の大きさは、収容する物質検出材料4によって異なるが、例えば、物質検出材料4として直径4~6nm程度のカプセル型レセプター蛋白質を収容する場合、長手方向（A-A線方向）の幅寸法W1は10~1000nm程度であり、他方向（B-B線方向）の幅寸法W2は5~500nm程度であり、深さ寸法Hは10~1000nm程度である。また、凹部6を形成する壁となる半導体基板1の凸部11の厚みは5~100nm程度である。また、半導体基板1の表面における溝部7の側面間の幅寸法は10~1000nm程度である。このよう

40

【0018】

第1絶縁膜2はシリコン酸化膜からなり、溝部7の側面および底面（半導体基板1の外周部分を除く）に膜厚5~50nmで形成されている。

電極3はN型の不純物であるリンを含む多結晶シリコン膜からなり、第1絶縁膜2上に第1絶縁膜2よりも厚い膜厚10~200nm程度で形成されている。

被覆膜5はセルロース膜からなり、各凹部6の開口部からそれらの周囲の第1絶縁膜2および電極3の上端面に渡って膜厚10~1000nm程度で形成され、凹部6内の物質検出材料4が外部に流出しないように封止している。

【0019】

50

このように構成された電位センサは、その電極 3 の例えば外周部と、半導体基板 1 の裏面に、外部の容量測定器（キャパシタンス測定器）の端子をそれぞれ電氣的に接続し、被測定物質である例えばブドウ糖を含む溶液を半導体基板 1 の表面に滴下し、被覆膜（セルロース膜）5 を通過したブドウ糖溶液が物質検出材料（レセプター蛋白質）4 と化学反応して融合することにより、物質検出材料 4 自体が帯電する。帯電した物質検出材料 4 が半導体基板 1 に電位を誘起し、ブドウ糖溶液滴下前の電位との変化量を電極（多結晶シリコン膜）3 で形成されるキャパシタ上部電極（端子）で検出し、電位の変化量を外部の容量測定器にて測定する。なお、滴下した被測定物質が物質検出材料と化学反応を起こさなければ、物質検出材料は帯電せず、滴下前の電位との差は生じないので容量測定器の針は変位しない。

10

【0020】

実施の形態 1 の電位センサによれば、半導体基板 1 に凹部 6 を設けることにより、安定して定量的に物質検出材料 4 を凹部 6 に埋設でき、電位センサの容易な製造が可能となる。

また、凹部 6 から半導体基板 1 を挟んで配置する溝部 7 の側面に電極 3 を配置することにより、制御よく物質検出材料 4 の電位変化を測定することができる。

また、溝部 7 の側面を第 1 絶縁膜 2 で被覆することにより、キャパシタ構造が安定に保たれ、電位センサの信頼性の向上を図ることができる。

また、被測定物質を通過せしめる被覆膜 5 を用いることで、凹部 6 に埋設した物質検出材料 4 を安定的に保持することが可能となり、電位センサの安定性および信頼性が向上する。

20

また、電極 3 の膜厚は任意に設定すればよい。

また、凸部 11 の幅をより薄く設定することにより、物質検出材料 4 の電位と電極 3 の間に形成されるキャパシタ容量が増大し、電位の変化量の検出感度が上がるという利点がある。

また、物質検出材料 4 を収容する凹部 6 を複数設ける、特にマトリックス状に多数配置することにより、各凹部毎に物質検出材料を収容する際の物質検出材料の収容量のばらつきが平均化されるので、電位センサの測定精度の向上が図られる。

【0021】

なお、実施の形態 1 では、物質検出材料として直径 4 ~ 6 nm 程度のレセプター蛋白質を用いたが、凹部の狭スペース側（B - B 線方向）の幅は収容される物質検出材料の大きさよりも僅かに大きい幅に設定して凹部に均一に収容されるようにすればよい。また、電位センサのチップサイズや配置する凹部の数にもよるが、凹部の広スペース側（A - A 線方向）の幅はできるだけ被測定物質を凹部に効率良く収容できるようにできるだけ大きく設定することができる。本発明では便宜上、被測定物質の数を単純化して模式的に図示しており、図 3 および 4 のように基板に対して垂直方向に一列に並ばなくても構わない。上述の凹部の大きさに関しては以下の実施の形態についても同様である。また、物質検出材料が埋設された凹部の数は特に限定されるものではないが、同じ物質検出材料を凹部に埋設する場合は凹部の数が多い程検出感度が向上し、例えばレセプター蛋白質を用いる場合は数十個以上が好ましい。

30

40

【0022】

（実施の形態 2）

図 5 は本発明の電位センサの実施の形態 2 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 5 において、図 3、4 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 2 の電位センサは、実施の形態 1 とほぼ同様の構成であるが、第 1 絶縁膜 2 における溝部 7 の底面部分 23 の膜厚が側面部分 21 の膜厚よりも厚く設定されていることが実施の形態 1 とは異なっている。この場合、上記底面部分 23 の膜厚は 10 ~ 200 nm 程度であり、側面部分 21 の膜厚は 5 ~ 50 nm 程度である。実施の形態 2 において、その他の構成および動作は実施の形態 1 と同様である。

【0023】

50

つまり、実施の形態 2 の場合、溝部 7 の底面が < 1 1 0 > 面である半導体基板（シリコン基板）1 を用いることにより、第 1 絶縁膜（シリコン酸化膜）2 において、溝部 7 の底面部分 2 3 および凸部 1 1 の側面である < 1 0 0 > 面に形成される側面部分 2 1 を熱酸化法により形成した場合、側面部分 2 1 より底面部分 2 3 の方が厚く形成されていることを特徴としている。

【 0 0 2 4 】

実施の形態 2 によれば、上述の構成により、帯電した物質検出材料 4 は主に半導体基板 1 における凸部 1 1 に電位を誘起するので溝部底面側の電位の変化は無視される。したがって、電位の変化量は、キャパシタ上部電極である電極（多結晶シリコン膜）3 と半導体基板 1 の凸部 1 1 および半導体基板 1 と対向するキャパシタで検出される容量の変化量の和として検出されるため、半導体基板 1 と対向するキャパシタの初期容量が凸部 1 1 と対向するキャパシタの初期容量に比べて小さければ小さい程、感度が向上するので好ましい。つまり、凸部 1 1 の側面に形成されたキャパシタの容量と凹部の底面に形成されるキャパシタの容量との比を考えた場合に、凹部の底部に形成されるキャパシタの容量が小さいほうが、凸部 1 1 の側面に形成されたキャパシタの容量の変化に対して、感度が向上する。これは、凹部の底部の酸化膜の膜厚が厚くなると、凹部の底部に形成されるキャパシタの容量が小さくなることを目的としている。

10

すなわち、実施の形態 2 の電位センサによれば、第 1 絶縁膜 2 における溝部 7 の底面部分 2 3 の膜厚が側面部分 2 1 の膜厚よりも厚く設定することにより、物質検出材料 4 の電位変化を高率良く電極 3 に伝播することができ、電位センサの精度を高めることができる。

20

なお、少なくとも半導体基板 1 の溝部 7 の底面に不純部等を選択的に導入し酸化レートを増加してもよく、あるいは溝部エッチング加工時に底面の Si - Si 結合を弱くして酸化レートを増加させてもよい。

【 0 0 2 5 】

（実施の形態 3）

図 6 は本発明の電位センサの実施の形態 3 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 6 において、図 5 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 3 では、実施の形態 2 と同様に、第 1 絶縁膜 2 における溝部 7 の底面部分 2 4 は側面部分 2 1 に比して厚く形成されているが、底面部分 2 4 と側面部分 2 1 とは別工程にて形成されたものである点が、実施の形態 2 とは異なっている。この場合、上記底面部分 2 4 の膜厚は 10 ~ 300 nm 程度であり、側面部分 2 1 の膜厚は 5 ~ 50 nm 程度である。実施の形態 3 において、その他の構成は実施の形態 2 と同様である。

30

【 0 0 2 6 】

さらに詳しく説明すると、第 1 絶縁膜 2 における溝部 7 の底面部分 2 4 は、具体的には HDP CVD シリコン酸化膜からなる。

実施の形態 3 によれば、実施の形態 2 と同様に物質検出材料 4 の電位変化を高率良く電極 3 に伝播することができ、電位センサの精度を高めることができることに加え、実施の形態 1 および 2 に比して、半導体基板 1 の溝部 7 の底面に形成する絶縁膜の厚さ（容量）を任意に設定でき、特に溝部 7 の側面部分 2 1 よりも底面部分 2 4 の膜厚を大幅に厚くすることができるため、半導体基板 1 と対向するキャパシタ（凸部 1 1 に沿って形成されたキャパシタ）の初期容量を小さく設定することができる。

40

【 0 0 2 7 】

（実施の形態 4）

図 7 は本発明の電位センサの実施の形態 4 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 7 において、図 6 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 4 では、実施の形態 3 と同様に、第 1 絶縁膜 2 における溝部 7 の底面部分 2 4 は側面部分 2 1 とは別工程にて、かつ大幅に厚く形成されているが、半導体基板 1 の凸部 1 1 における第 1 絶縁膜 2 の底面部分 2 4 と接する部分（溝部 7 の側面と底面との間）に傾斜面 7 a を有している。実施の形態 4 において、その他の構成は実施の形態 3 と同様である。

50

実施の形態 4 によれば、実施の形態 3 と同様に物質検出材料 4 の電位変化を高率良く電極 3 に伝播することができ、電位センサの精度を高めることができることに加え、実施の形態 1 および 2 に比して、半導体基板 1 の溝部 7 の底面に形成する絶縁膜の厚さ（容量）を任意に設定でき、特に溝部 7 の側面部分 2 1 よりも底面部分 2 4 の膜厚を大幅に厚くすることができるため、半導体基板 1 と対向するキャパシタの初期容量を小さく設定することができる。

【0028】

（実施の形態 5）

図 8 は本発明の電位センサの実施の形態 5 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 8 において、図 5 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 5 では、第 1 絶縁膜 2 における溝部 7 の底面部分 2 5 は側面部分 2 1 よりも実施の形態 2 の場合よりも大幅に厚く形成されており、さらに半導体基板 1 の凸部 1 1 における第 1 絶縁膜 2 の底面部分 2 5 と接する部分（溝部 7 の側面と底面との間）に実施の形態 2 よりも大きい曲面 7 b を有している。実施の形態 5 において、その他の構成は実施の形態 2 と同様である。

10

実施の形態 5 によれば、実施の形態 4 と同様に物質検出材料 4 の電位変化を高率良く電極 3 に伝播することができ、電位センサの精度を高めることができることに加え、実施の形態 1 および 2 に比して、半導体基板 1 の溝部 7 の底面に形成する絶縁膜の厚さ（容量）を任意に設定でき、特に溝部 7 の側面部分 2 1 よりも底面部分 2 5 の膜厚を大幅に厚くすることができるため、半導体基板 1 と対向するキャパシタの初期容量を小さく設定することができる。

20

【0029】

（実施の形態 6）

図 9 は本発明の電位センサの実施の形態 6 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 9 において、図 8 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 6 は実施の形態 5 と構造が似ているが、異なる点は、第 1 絶縁膜 2 の上端部分 2 6 が、凹部 6 から溝部 7 に渡って膨出状に形成され、その上端部分 2 6 の膜厚が側面部分 2 1 よりも厚く設定されている。実施の形態 6 において、その他の構成は実施の形態 5 と同様である。

実施の形態 6 によれば、第 1 絶縁膜 2 の上端部分 2 6 でのフリンジ容量が無視でき、より精度の高い容量測定が可能となる。

30

【0030】

（実施の形態 7）

図 10 は本発明の電位センサの実施の形態 7 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 10 において、図 4 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 7 の実施の形態 1 と構造が似ているが、異なる点は、半導体基板 1 の凹部 6 の深さが溝部 7 の深さよりも浅いことであり、その他の構成は実施の形態 1 と同様である。

つまり、実施の形態 7 の電位センサは、凹部 6 の底面の位置が溝部 7 の底面の位置よりも高く設定されており、このような凹部 6 の底面の高さ位置は、収容する物質検出材料 4 の大きさ、形状、性質等を考慮したものである。

40

すなわち、実施の形態 7 によれば、凹部 6 の深さ（容積）を任意に設定することができるため、応用範囲が広がり、同一の電位センサチップ内の各凹部 6 の容量を異ならせて異なる種類の物質検出材料 4 を収容することが可能となり、同一チップ内に異なる物質検出部を設けることが可能となる。

【0031】

（実施の形態 8）

図 11 は本発明の電位センサの実施の形態 8 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 11 において、図 4 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 8 の実施の形態 1 と構造が似ているが、異なる点は、半導体基板 1 の凹部

50

6の深さが溝部7の深さよりも深いことであり、その他の構成は実施の形態1と同様である。

つまり、実施の形態8の電位センサは、凹部6の底面の位置が溝部7の底面の位置よりも低く設定されており、このような凹部6の底面の高さ位置は、収容する物質検出材料4の大きさ、形状、性質等を考慮したものである。

すなわち、実施の形態8によれば、凹部6の深さ(容積)を任意に設定することができるため、応用範囲が広がり、同一の電位センサチップ内の各凹部6の容量を異ならせて異なる種類の物質検出材料4を収容することが可能となり、同一チップ内に異なる物質検出部を設けることが可能となる。

【0032】

10

(実施の形態9)

図12は本発明の電位センサの実施の形態9を示す図1および2のB-B線断面図である。なお、図12において、図4と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態9の実施の形態1と異なる点は、半導体基板1の凹部6は、その側面が開口幅よりも奥部幅(底幅)が小さくなる傾斜面であり、さらに溝部7の側面も凸部11が断面山型となる傾斜面となっていることであり、その他の構成は実施の形態1と同様である。

つまり、実施の形態9によれば、凹部6の断面形状をすり鉢状とすることで、上方から伝達される被測定物質がより多くの物質検出材料4と反応しやすくなるため、より感度に優れた電位センサを得ることができる。

20

【0033】

(実施の形態10)

図13は本発明の電位センサの実施の形態10を示す図1および2のB-B線断面図である。なお、図13において、図4と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態10の実施の形態1と異なる点は、半導体基板1の凹部6は、その側面と底面が連続した曲面であることであり、その他の構成は実施の形態1と同様である。

つまり、実施の形態9によれば、凹部6の断面形状を半球状とすることで、上方から伝達される被測定物質がより多くの物質検出材料4と反応しやすくなるため、より感度に優れた電位センサを得ることができる。

【0034】

30

(実施の形態11)

図14は本発明の電位センサの実施の形態11を示す図1および2のB-B線断面図である。なお、図14において、図4と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態11は実施の形態1と構造が似ているが、異なる点は、半導体基板1の溝部7の側面に形成された電極3の上端面の高さが、半導体基板1における凹部6と溝部7との間の凸部11の上端面の高さよりも低いことであり、その他の構成は実施の形態1と同様である。

つまり、実施の形態11では、半導体基板1の凸部11の上端部と電極3をオフセット構造とすることで、各凹部6に収容される物質検出材料4の数量がばらつきについても凹部6の上部に電位の伝播に寄与しない領域(物質検出材料4の量の多少のばらつきを許容する領域)を設けることにより、検出精度のばらつきを発生させないようにしている。

40

【0035】

(実施の形態12)

図15は本発明の電位センサの実施の形態12を示す図1および2のB-B線断面図である。なお、図15において、図14と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態12は実施の形態11と構造が似ているが、異なる点は、被覆膜5が凹部6の開口部に埋設されており、さらに詳しくは被覆膜5の下面を電極3の上端面より下方位置とすることであり、その他の構成は実施の形態11と同様である。

このようにすれば、被覆膜5にて上部の物質検出材料4が電極3の上端面よりも低く押え付けられるので、半導体基板1の凹部6に埋設される物質検出材料4の量のばらつきを

50

無くすことができ、上部の物質検出材料 4 を電極 3 の上端面よりも確実に低く設定することができ、確実に高い検出精度を得ることができる。

【0036】

(実施の形態 13)

図 16 は本発明の電位センサの実施の形態 13 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 16 において、図 4 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 12 の実施の形態 1 と異なる点は、第 1 絶縁膜 2 が半導体基板 1 の凸部 11 の側面から上端面に同じ膜厚で連続して形成された上端部 27 を有し、電極 3 が凸部 11 の上端面側の第 1 絶縁膜 2 上に形成された上端部 33 を有し、さらに電極 3 上に形成された被覆膜 5 の一部が凹部 6 の開口部に埋設されていることである。実施の形態 13 において、その他の構成は実施の形態 1 と同様である。

10

実施の形態 13 によれば、このような構成によって実施の形態 12 と同様の効果を得ることができる。

【0037】

(実施の形態 14)

図 17 は本発明の電位センサの実施の形態 14 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 17 において、図 4 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 14 の電位センサの実施の形態 1 と異なる点は、第 1 絶縁膜 2 が半導体基板 1 の凸部 11 の側面から上端面に同じ膜厚で連続して形成された上端部 27 を有し、溝部が埋め込み絶縁膜 8 にて埋め込まれ、埋め込み絶縁膜 8 を有する半導体基板 1 の表面全面に被覆膜 5 が形成され、さらに半導体基板 1 の外周部における電極 3 の一部を露出するように被覆膜 5 および埋め込み絶縁膜 8 にコンタクト孔 9 が形成されたことである。実施の形態 16 において、その他の構成は実施の形態 1 と同様である。

20

埋め込み絶縁膜 8 は、無機物および有機物のどちらでもよい。無機物であればシリコン酸化膜、多孔質シリカ膜、SiOC、SiOF等が挙げられ、有機物であればオキサゾール樹脂、ポリイミド樹脂等が挙げられる。半導体における信頼性の観点からは、最も広く使われているシリコン酸化膜が望ましいが、低誘電率の膜を用いることで、配線遅延が少なく、動作の速度の観点からは無機物、有機物の区別なく低誘電率の膜が好ましい。

実施の形態 14 によれば、溝部を埋め込み絶縁膜 8 により平坦に埋め込んでおくことで、凹部 6 に物質検出材料 4 を収容する際に、半導体基板 1 へ物質検出材料 4 を滴下しても溝部に流れ込まなくなるので滴下量を削減することができ、安価なデバイスを提供することができる。また、コンタクト孔 9 を通して外部の容量測定器の一方の端子を電極 3 に電氣的に接続可能となる。なお、このコンタクト孔 9 に金属材料を埋め込んで半導体基板 1 の表面側に検出端子としての配線を形成してもよい。

30

【0038】

(実施の形態 15)

図 18 は本発明の電位センサの実施の形態 15 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 18 において、図 17 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 15 の電位センサは実施の形態 14 と構造が似たものであるが、主な相違点は、半導体基板 1 の凸部 11 と電極 3 とがオフセット構造であり、コンタクト孔に金属材料を埋め込んで検出端子としてのコンタクトおよび配線 10 が形成されたことである。コンタクトや配線の材料としては例えばタングステンやアルミニウム等の電子部品分野で一般的に用いられている金属材料を使用することができる。

40

実施の形態 15 によれば、実施の形態 14 の効果に加え、オフセット構造による実施の形態 11 の効果や、配線 10 が半導体基板 1 の表面側に設けられたことにより、外部の容量測定器の一方の端子と容易に接続可能となる利点がある。

【0039】

(実施の形態 16)

図 19 は本発明の電位センサの実施の形態 16 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。なお、図 19 において、図 18 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省

50

略する。実施の形態 16 の電位センサは実施の形態 15 と構造が似たものであるが、異なる点は、被覆膜 5 の一部が各凹部 6 の開口部に埋め込まれたことである。なお、実施の形態 16 の構造ではコンタクト孔 9 を介して電極 3 と接触するコンタクトおよび配線を有していないが、コンタクトおよび配線を形成してもよい。

実施の形態 16 によれば、実施の形態 14 の効果に加え、オフセット構造による実施の形態 11 の効果や、被覆膜 5 の一部を凹部開口部に埋め込んだ実施の形態 12 の効果が得られる。

【0040】

[実施の形態の B グループ]

実施の形態の B グループは、後述する実施の形態 17 および 18 (図 20 ~ 23) が含まれており、これらの電位センサは、基本構成は上記実施の形態の A グループと同じであるが、さらに、凹部の側面および底面に第 2 絶縁膜を備えている。これら実施の形態 17 および 18 の電位センサは、図 20 に示すように同一チップ内に凹部が複数個 1 列に並列して配置される、あるいは図 21 に示すように同一チップ内に凹部が複数個マトリックス状に配置される。なお、図 20 および 21 は、本発明の電位センサから後述する被覆膜を除去した状態での平断面図であって、図中 B - B 線は図 22 および 23 の断面方向を表している。

10

【0041】

(実施の形態 17)

図 22 は本発明の電位センサの実施の形態 17 を示す図 20 および 21 の B - B 線断面図である。なお、図 22 において、図 4 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 17 の電位センサは実施の形態 1 と構造が似たものであるが、異なる点は、上述したように各凹部 6 の側面および底面に第 2 絶縁膜 22 が形成されていることである。実施の形態 17 においてその他の構成は実施の形態 1 と同様である。

20

第 2 絶縁膜 22 は、半導体基板 1 の表面を熱酸化して得られる酸化膜が適当であり、半導体基板 1 がシリコン基板の場合は第 2 絶縁膜としてシリコン酸化膜が形成される。つまり、第 2 絶縁膜 22 は第 1 絶縁膜 2 と同一工程により同じ材料にて形成されることが好ましい。

実施の形態 17 の場合、帯電した物質検出材料 4 は第 2 絶縁膜 22 を介して半導体基板 1 の凸部 11 に電位を誘起する以外は実施の形態 1 と同じ動作をする。

30

実施の形態 17 によれば、凹部 6 の内面にも絶縁膜を形成することにより、より一層キャパシタ構造が安定に保たれ、電位センサの信頼性がより向上する。

【0042】

(実施の形態 18)

図 23 は本発明の電位センサの実施の形態 18 を示す図 20 および 21 の B - B 線断面図である。なお、図 23 において、図 22 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 18 の電位センサは実施の形態 17 と構造が似たものであるが、異なる点は、第 1 絶縁膜 2 が、半導体基板 1 の凸部 11 の上端面に形成された上端部分 27 を有し、この上端部分 27 と第 2 絶縁膜 22 が連続していることと、被覆膜 5 の一部が各凹部 6 の開口部に埋設されていることである。実施の形態 18 においてその他の構成は実施の形態 17 と同様である。

40

【0043】

[実施の形態の C グループ]

実施の形態の C グループは、後述する実施の形態 19 ~ 21 (図 24 ~ 28) が含まれており、これらの電位センサは、基本構成は上記実施の形態の B グループと同じであるが、さらに、凹部内面の第 2 絶縁膜上に導電膜を備えている。これら実施の形態 19 ~ 21 の電位センサは、図 24 に示すように同一チップ内に凹部が複数個 1 列に並列して配置される、あるいは図 25 に示すように同一チップ内に凹部が複数個マトリックス状に配置される。なお、図 24 および 25 は、本発明の電位センサから後述する被覆膜を除去した状態での平断面図であって、図中 B - B 線は図 26 ~ 28 の断面方向を表している。

50

【 0 0 4 4 】

(実施の形態 19)

図 26 は本発明の電位センサの実施の形態 19 を示す図 24 および 25 の B - B 線断面図である。なお、図 26 において、図 23 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 19 の電位センサは実施の形態 18 と構造が似たものであるが、異なる点は、電極 3 の上端位置が凸部 11 の上端位置よりも低いオフセット構造であり、かつ、各凹部 6 の内面の第 2 絶縁膜 22 上に導電膜 32 がオフセット位置に形成されていることである。実施の形態 19 においてその他の構成は実施の形態 18 と同様である。

導電膜 32 の材料としては導電性を有していれば特に限定されるものではないが、製造の容易性の観点から電極 3 と同じ材料が好ましい。

実施の形態 19 の場合、帯電した物質検出材料 4 は導電膜 32 および第 2 絶縁膜 22 を介して半導体基板 1 の凸部 11 に電位を誘起する以外は実施の形態 1 と同じ動作をする。実施の形態 19 によれば、第 2 絶縁膜 22 上に導電膜 32 を設けたことにより、電極 3 の形成後に物質検出材料 4 を内蔵する凸部 11 の加工を行わなくて済む、あるいは、導電膜 32 を除去する工程が不要である為、工程の簡略化が図られる。また、第 2 絶縁膜 22 が凸部 11 を完全に被覆している事により、良好な絶縁をする為には好適であるという利点がある。

【 0 0 4 5 】

(実施の形態 20)

図 27 は本発明の電位センサの実施の形態 20 を示す図 24 および 25 の B - B 線断面図である。なお、図 27 において、図 26 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 20 の電位センサは実施の形態 19 と構造が似たものであるが、異なる点は、電極 3 および導電膜 32 の上端位置と凸部 11 の上端位置はほぼ一致し、かつ、凸部 11 上の第 1 絶縁膜 2 の上端部分 28 が側面部分 21 よりも厚く形成されており、さらに第 1 絶縁膜 2 および第 2 絶縁膜 22 の各底面部分が各側面部分よりも厚く形成されていることである。実施の形態 20 においてその他の構成は実施の形態 19 と同様である。

実施の形態 20 によれば、実施の形態 19 の効果に加えて、実施の形態 6 の効果が得られる。

【 0 0 4 6 】

(実施の形態 21)

図 28 は本発明の電位センサの実施の形態 21 を示す図 24 および 25 の B - B 線断面図である。なお、図 28 において、図 26 と同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。実施の形態 21 の電位センサは実施の形態 19 と構造が似たものであるが、異なる点は、第 1 絶縁膜 2 の底面部分 24 が側面部分 21 とは別工程にて厚く形成されると共に、第 2 絶縁膜 22 の底面部分 22b が側面部分 22a とは別工程にて厚く形成されていることである。この場合、第 1 絶縁膜 2 の底面部分 24 と第 2 絶縁膜 22 の底面部分 22b は同一工程で同一材料にて形成されている。実施の形態 21 においてその他の構成は実施の形態 19 と同様である。

実施の形態 21 によれば、実施の形態 19 の効果に加えて、実施の形態 3 の効果が得られる。

【 0 0 4 7 】

次に、上記実施の形態 1 ~ 21 の何れかの電位センサを複数個備えた本発明の電位センサデバイスについて説明する。

【 0 0 4 8 】

(実施の形態 22)

図 29 は本発明の実施の形態 22 の電位センサデバイスを示す構成説明図である。この電位センサデバイス(図中センサチップと記載)は、同一の半導体基板に複数個の電位センサ(図中センサと記載)が形成されたものである。詳しく説明すると、電位センサデバイスは、1 ~ N 個の電位センサを有しており、各電位センサにはそれぞれの電極に接続さ

10

20

30

40

50

れた検出端子と半導体基板に接続されたGND端子が備えられている。例えば、 $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ の矩形の検出端子（電極パッド）が電極に接続されており、同様に $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ の矩形のGND端子（電極パッド）が隣の検出端子と例えば $100\mu\text{m}$ 程度の間隔を空けて併設されている。好ましくは各センサの検出端子とGND端子の間隔は一定であるのが好ましく、さらには図29に示すように各センサが規則正しく整然と並ぶのが好ましい。

【0049】

実施の形態22の電位センサデバイスによれば、少なくとも2本のプローブ（針）を備えたキャパシタンス測定器を用いて容易に被測定物質に起因する電位変化量の測定が可能となる。さらに、各センサの電極パッドを整然と配置することにより、単純な平行移動により複数の電位センサについての測定が容易となり、測定装置の新たな投資が不要でありシステムトータルで安価な測定が可能となる。ここで各センサ（センサ1, 2, 3, ... N）は、各々機能が同一でも異なるものでもよい。機能が同一の場合は、各センサの凹部には同一の物質検出材料が収容されるので、各電位センサの凹部の形状、大きさ等は同一条件で設定することができる。機能が異なる場合は、各センサの凹部には異なる物質検出材料が収容されるので、各電位センサの凹部の形状、大きさ等は各物質検出材料に応じた条件に設定される。

10

【0050】

（実施の形態23）

図30は本発明の実施の形態23の電位センサデバイスを示す構成説明図である。この電位センサデバイス（図中センサチップと記載）では、実施の形態22（図29）の電位センサデバイスのGND端子を半導体基板の裏面としており、一般的な測定装置の測定台全体を金属製端子として利用すれば実施の形態22と同様な測定が可能であり、実施の形態23の場合は少なくとも1本のプローブ（針）を備えたキャパシタンス測定器により容易に測定が可能となる。チップ裏面端子の作製は、半導体基板の裏面を研磨して自然酸化膜を除去すればよい。なお、上記実施の形態では一例としてプローブ（針）を1本ないし2本あれば測定可能であるが、既存の測定器の仕様に各電極パッドのレイアウトを合わせ、2本以上の多本プローブを使用できるように構成してもよい。

20

【0051】

次に、本発明の電位センサの製造方法について説明する。

30

本発明の電位センサ（実施の形態1～21）の製造方法は、基本的に、（a）半導体基板の表面に複数の溝部を形成する工程、（b）少なくとも前記溝部の内面に絶縁膜を形成する工程、（c）少なくとも溝部内の前記絶縁膜上に電極を形成する工程、（d）前記半導体基板の溝部間に凹部を形成する工程、および（e）前記凹部内に、被測定物質と接触して化学反応を生じる物質検出材料を埋設する工程を含む。

さらに、本発明の電位センサの製造方法は、凹部内の物質検出材料を通過させずに被測定物質を通過させる被覆膜にて、物質検出材料が埋設された凹部の開口部を封止する工程（f）を含むものとしてもよい。

【0052】

本発明の電位センサの製造方法において、例えば実施の形態11、12（図14、15）の電位センサのように電極が第1絶縁膜に対してオフセット位置となる場合には、上記工程（c）が、溝部の開口部周辺の電極を除去する工程を含む。

40

また、例えば実施の形態14、15、16（図17、18、19）の電位センサのように、溝部に埋め込み絶縁膜を有する場合には、溝部に埋め込み絶縁膜を埋設する工程（g）を含む。

【0053】

また、例えば実施の形態17、18（図22、23）の電位センサのように、凹部の内面に第2絶縁膜を有する場合には、上記工程（b）が、凹部の内面に絶縁膜を形成する工程を含む。

また、例えば実施の形態19、20、21（図26、27、28）の電位センサのよう

50

に、凹部内面の第2絶縁膜上に電極を有する場合には、工程(c)が、凹部内の絶縁膜上に電極を形成する工程を含む。

また、例えば実施の形態3、4、21(図6、7、28)の電位センサのように、第1絶縁膜における底面部分の膜厚が側面部分よりも厚く、かつそれぞれ別工程にて形成されたものである場合は、工程(b)が、溝部の側面および底部に、側面部分よりも底面部分の膜厚を厚くして絶縁膜を形成し、溝部の側面部分の絶縁膜を除去して底面部分の絶縁膜を残存させる工程を含む。

【0054】

また、例えば実施の形態6(図9)の電位センサのように第1絶縁膜の上端部分および底面部分の膜厚が側面部分よりも厚い場合には、工程(b)が、複数の溝部を有する半導体基板の表面に第1の酸化絶縁膜を形成し、前記第1の酸化膜上に窒化膜を形成し、前記窒化膜をエッチバックして溝部の側面に窒化膜のサイドウォールを形成し、第1の酸化絶縁膜の露出部分を熱酸化して、第1の酸化絶縁膜よりも膜厚の厚い第2の酸化絶縁膜を形成し、窒化膜を除去して、半導体基板における溝部間および溝部の底面に厚く側面に薄い絶縁膜を形成する工程を含む。

【0055】

また、例えば実施の形態15(図18)の電位センサのように埋め込み絶縁膜の一部に形成されたコンタクト孔を通して電極と接続する検出端子を有する場合には、埋め込み絶縁膜の一部に電極に達するコンタクト孔を開口し、このコンタクト孔に導電性材料を埋設することにより電極と接続する検出端子を形成する工程(h)を含む。

次に、上述の実施の形態で説明した電位センサの幾つかについての製造方法を説明する。

【0056】

(実施の形態13の電位センサの製造方法)

図31から図43は上記実施の形態13(図16)の構造の電位センサの製造工程を説明する断面図である。

この場合、まずP型半導体基板100上にフォトリソグラフィ技術によりパターンニングされたフォトレジストパターンR1を形成し(図31)、該フォトレジストパターンR1をマスクに用いて半導体基板100を異方性エッチングとして例えばRIE(リアクティブ・イオン・エッチング)により深さが例えば1 μ m程度の溝部7を備えた半導体基板101を形成する(図32)。次に、レジストマスクR1を剥離した後、例えば熱酸化法により、膜厚が10nm程度のシリコン酸化膜から成るキャパシタ酸化膜200を形成し(図33)、キャパシタゲートの材料となるリンが不純物として1E19~1E21/cm³程度ドーブされた多結晶シリコン膜300を例えばCVD法等で膜厚200nm程度堆積させる(図34)。その後、キャパシタ電極を定義するフォトレジストパターンR2をフォトリソグラフィ技術により形成し(図35)、フォトレジストパターンR2をマスクに用いて多結晶シリコン膜300を例えばRIE法を用いてエッチング加工して多結晶シリコン膜301を形成する(図37)。この際、下地のキャパシタ酸化膜200と選択比の高いエッチング条件を用いることで選択的にキャパシタ電極材料である多結晶シリコン膜のみエッチング加工が行える。

【0057】

続いて、レジストマスクR2を剥離し、その後新たにフォトリソグラフィ技術により、パターンニングされたフォトレジストパターンR3を半導体基板101の凸部上に開口すべく形成し(図37)、レジストマスクR3をマスクに用いて多結晶シリコン膜301、キャパシタ酸化膜200および半導体基板101の凸部を順次エッチングし、凹部6を備えた半導体基板102を形成する(図38)。この時、上記溝部7に対する凹部6の深さは、浅くても深くてもよく(図10、11参照)、図38のように同等の深さでもよく、以下の製造方法も同様である。

【0058】

続いて、各凹部6に物質検出材料を配置すべく、例えば直径4~6nm程度のレセプタ

—蛋白質400を半導体基板102の表面全面に例えば滴下やスプレー等の方法により塗りつける(図39)。その後、半導体基板102を例えば回転や水平往復動等させることで上部のレセプター蛋白質400を落として多結晶シリコン膜302の上部を露出させ(図40)、被測定物質を通過せしめ、かつ、レセプター蛋白質400を凹部6に閉じ込める役割を果たす被覆膜として例えばセルロース膜500をラミネート膜としてラッピングもしくはPVD法などで成膜し、セルロース膜500の一部が凹部の開口部に埋設されるようにして多結晶シリコン膜302の上部に密着させる(図41)。その後、上記多結晶シリコン膜302の上部に密着しかつ凹部6の開口部に一部が埋設された部分のセルロース膜500を残存させるべく、例えばレーザー照射などによりセルロース膜500をパターンニングして、セルロース膜501を形成する(図42)。その後、溝部7に残存したレセプター蛋白質400を洗浄除去し、凹部6のみにレセプター蛋白質400を配置させる(図43)。これにより多結晶シリコン膜302が例えば化学反応物質の電位変化を検値する電極となる電位センサが製造される。

10

【0059】

(実施の形態11の電位センサの製造方法)

図44から図52は上記実施の形態11(図14)の構造の電位センサの製造工程(一部)を説明する断面図である。

この場合、キャパシタ電極(電極)の材料となるリンが不純物としてドーブされた多結晶シリコン膜300を堆積させるところまでは実施の形態13(図31~35)と同様で、フォトレジストパターンR2を除去した後、図44に示すように、キャパシタ電極を定義するフォトレジストパターンR4をフォトリソグラフィ技術により形成する。この際、多結晶シリコン膜300の上端部の一部を露出させてパターンニングする。次いで、フォトレジストパターンR4をマスクに用いて多結晶シリコン膜300を例えばRIE法を用いてエッチング加工を行って多結晶シリコン膜301を形成する(図45)。この際、下地のキャパシタ酸化膜200と選択比の高いエッチング条件を用いることで選択的にキャパシタ電極材料である多結晶シリコン膜のみエッチング加工が行える。

20

【0060】

続いて、レジストマスクR4を剥離した後、新たにフォトリソグラフィ技術により、パターンニングされたフォトレジストパターンR3を半導体基板101の凸部上に開口すべく形成し(図46)、レジストマスクR3をマスクに用いてキャパシタ酸化膜200および半導体基板101の凸部11を順次エッチングし、凹部6を備えた半導体基板102を形成する(図47)。続いて、各凹部6に物質検出材料を配置すべく、例えば直径4~6nm程度のレセプター蛋白質400を半導体基板102全体に例えば滴下する(図48)。その後、半導体基板102を例えば回転させることで、半導体基板102の凸部上端側もしくは多結晶シリコン膜301の上端面を露出させる(図49)。

30

【0061】

その後、被測定物質を通過せしめ、かつ、レセプター蛋白質400を凹部6に閉じ込める役割を果たす被覆膜として例えばセルロース膜500でラミネート膜をラッピングもしくはPVD法などで成膜し、少なくとも半導体基板102の上端(この場合、凸部上のキャパシタ酸化膜201)に密着させ、凹部6の開口部を封止する(図50)。この時、セルロース膜500は多結晶シリコン膜301の上端面に密着してもよい。

40

【0062】

その後、図51に示すように、半導体基板102の凸部上に密着して凹部開口部を封止した部分のセルロース膜501を残存させ、かつ、溝部を開口させるよう、セルロース膜501を例えばレーザー照射などによりパターンニングする(図51)。その後、溝部7に残存したレセプター蛋白質400を洗浄除去し、凹部6のみにレセプター蛋白質400を配置させる(図52)。これにより多結晶シリコン膜301が例えば化学反応物質の電位変化を検値する電極となる電位センサが製造される。

【0063】

(実施の形態12の電位センサの製造方法)

50

図 5 3 ~ 5 5 は上記実施の形態 1 2 (図 1 5) の構造の電位センサの製造工程 (一部) を説明する断面図である。

この場合、凹部 6 に物質検出材料を配置すべく、例えば直径 4 ~ 6 n m 程度のレセプター蛋白質 4 0 0 を半導体基板 1 0 2 全体に例えば滴下し、半導体基板を例えば回転させることで半導体基板 1 0 2 の上端部もしくは多結晶シリコン膜 3 0 2 の上端部を露出させるところまでは実施の形態 1 3、1 1 (図 3 1 ~ 3 5、4 4 ~ 4 9) と同様で、その後、例えばセルロース膜 5 0 0 をラッピングもしくは P V D 法などで凹部 6 の開口部に一部が埋設されるように形成する (図 5 3)。その後は、図 5 4 に示すように、凹部 6 の開口部に埋設された部分のセルロース膜 5 0 1 のみ残存するように化学反応エッチングもしくは R I E 等によるエッチバックを行うことで、凹部 6 の上端内面に密着したセルロース膜 5 0 0 を残存させ、それ以外の部分のセルロース膜 5 0 1 を除去する。その後、溝部 7 に残存したレセプター蛋白質 4 0 0 を洗浄除去し、凹部 6 のみにレセプター蛋白質 4 0 0 を配置させる (図 5 5)。これにより多結晶シリコン膜 3 0 1 が例えば化学反応物質の電位変化を検値する電極となる電位センサが製造される。

10

【 0 0 6 4 】

(実施の形態 3 の電位センサの製造方法)

図 5 6 および 5 7 は上記実施の形態 3 (図 6) の構造の電位センサの製造工程 (一部) を説明する断面図である。

この場合、半導体基板 1 0 1 に複数の溝部 7 を形成するところまでは実施の形態 1 3 (図 3 1 ~ 3 2) と同様で、その後、フォトレジストパターンを除去した半導体基板 1 0 1 上にシリコン酸化膜 2 2 0 を例えば H D P - C V D (高密度プラズマ化学気相成長) 法を用いて堆積する (図 5 6)。シリコン酸化膜 2 2 0 において、溝部 7 の底面 (水平面) と側面および凸部 1 1 上に成膜される膜厚はそれぞれ異なり、底面に対して側面および凸部 1 1 上の膜厚は薄く成膜される。次に、希釈 H F 溶液等を用いて溝部 7 の側面および凸部 1 1 上のシリコン酸化膜をウエットエッチングにてエッチバックを行って、底面にのみ膜厚 2 0 0 ~ 3 0 0 n m 程度のシリコン酸化膜 2 2 1 を埋め込み形成する。

20

【 0 0 6 5 】

その後は、熱酸化法により半導体基板 1 0 1 の凸部 1 1 の表面に膜厚 1 0 n m 程度のシリコン酸化膜を形成し、この薄いシリコン酸化膜と先に形成した厚いシリコン酸化膜 2 2 1 とで第 1 絶縁膜を構成する (図 6 参照)。次に、シリコン酸化膜上に電極として多結晶シリコン膜を形成し、フォトレジストパターンを半導体基板 1 0 1 の凸部 1 1 上に開口すべく形成し (図 4 4 参照)、凸部 1 1 上の多結晶シリコン膜およびシリコン酸化膜を順じエッチングにより除去する。その後は、実施の形態 1 1 等と同様に、半導体基板上へ物質検出材料を滴下し、半導体基板上に被覆膜を形成し、溝部を開口させるよう被覆膜をパターンニングし、溝部から余分な物質検出材料を洗浄除去して、凹部内のみに物質検出材料を配置する。これにより多結晶シリコン膜 3 0 1 が例えば化学反応物質の電位変化を検値する電極となる電位センサが製造される。

30

【 0 0 6 6 】

(実施の形態 6 の電位センサの製造方法)

図 5 8 ~ 6 1 は上記実施の形態 6 (図 9) の構造の電位センサの製造工程を説明する断面図である。

40

この場合、半導体基板 1 0 1 に複数の溝部 7 を形成するところまでは実施の形態 1 3 (図 3 1 ~ 3 2) と同様で、その後、レジストマスクを剥離した後、半導体基板 1 0 1 上に熱酸化法によりシリコン酸化膜 2 3 0 を 2 0 n m 程度形成する (図 5 8)。その後、耐酸化膜として C V D (化学気相成長) 法により 5 0 n m 程度のシリコン窒化膜 8 0 0 を形成する (図 5 9)。

【 0 0 6 7 】

次に、R I E 法等によりシリコン窒化膜 8 0 0 をエッチバックすることにより、凸部 1 1 の側面にシリコン酸化膜 2 3 0 を介してシリコン窒化膜からなるサイドウォール 8 0 1 を形成する (図 6 0)。その後、熱酸化法によって、凸部上端側および溝部 7 の底面側の

50

シリコン酸化膜 230 の露出部分 230 a、230 b を 200 nm 程度に厚くする (図 6 1)。続いて、シリコン窒化膜からなるサイドウォール 801 を熱リン酸にて除去し、さらに、半導体基板 101 の凸部 11 の側面にあるシリコン酸化膜を希釈 HF 溶液等を用いて除去する。その後は、図示省略するが、凸部 11 の側面側部分に熱酸化法によりキャパシタ酸化膜 200 を形成し、半導体基板 101 の表面及び凸部上端の酸化膜 230 a、230 b とキャパシタ酸化膜 200 とを連続的に一体化させ、キャパシタ電極となる多結晶シリコン膜を堆積し、例えば露光エッチバック法により所望の形状にフォトレジスト膜を形成し、例えば CDE (Chemical Dry Etching) 等の等方性エッチングを行い、凸部上端の多結晶シリコン及びシリコン基板状の多結晶シリコンの選択的にエッチングする。半導体基板 101 の凸部 11 に凹部 6 を形成し、凹部 6 に物質検出材料を収容し、凹部 6 の開口部を被覆膜にて封止する。これにより図 9 に示す構造の電位センサが製造される。

10

【0068】

(実施の形態 14 の電位センサの製造方法)

図 6 2 ~ 6 7 は上記実施の形態 14 (図 1 7) の構造の電位センサの製造工程 (一部) を説明する断面図である。

この場合、実施の形態 13 (図 3 1 ~ 3 4) と同様に半導体基板の表面に複数の溝部を形成し、半導体基板の表面にキャパシタ酸化膜 201 および多結晶シリコン膜 301 を形成する。その後、半導体基板の表面にシリコン酸化膜を例えば HDP-CVD (高密度プラズマ化学気相成長) 法を用いて堆積した後、図 6 2 に示すように、CMP 法 (化学的機械的研磨法) 等により半導体基板 101 の凸部 11 上のキャパシタ酸化膜 201 が露出する程度に平坦化を行い、それによって溝部内にシリコン酸化膜からなる埋め込み絶縁膜 210 を形成する。

20

【0069】

続いて、フォトリソグラフィ技術によりパターンニングされたフォトレジストパターン R3 を半導体基板 101 の凸部 11 上に開口すべく形成し、キャパシタ酸化膜 201 および半導体基板 101 の凸部 11 を順次エッチングし、凹部 6 を形成する (図 6 3)。次に、図 6 4 に示すように、半導体基板 102 の表面に例えば直径 4 ~ 6 nm 程度のレセプター蛋白質 400 を滴下して、各凹部 6 内にレセプター蛋白質 400 を収容する。このとき、溝部は埋め込み絶縁膜 210 にて埋め込まれているので、少ない滴下量でレセプター蛋白質 400 を各凹部 6 に収容することができる。

30

【0070】

その後、半導体基板を例えば回転させることで埋め込み絶縁膜 210 上のレセプター蛋白質 400 を除去し (図 6 5)、半導体基板 102 上に例えばセルロース膜 500 でラミネート膜をラッピングもしくは PVD 法などで成膜して密着させる (図 6 6)。その後、上部電極端子を形成すべくフォトリソグラフィ技術によりパターンニングされたフォトレジストパターン (図示せず) を用いて、セルロース膜 500 および埋め込み絶縁膜 210 の一部を例えば RIE 法等によりパターンニング加工することで、多結晶シリコン 301 に達するコンタクト孔がセルロース膜 501 および埋め込み絶縁膜 211 に形成される (図 6 7)。これにより、図 1 7 に示す構造の電位センサが製造される。なお、この後に、コンタクト孔に金属材料を埋め込んで上部電極端子 (検出端子) を形成してもよい。

40

【0071】

(実施の形態 16 の電位センサの製造方法)

図 6 8 ~ 7 5 は上記実施の形態 16 (図 1 9) の構造の電位センサの製造工程 (一部) を説明する断面図である。

この場合、レジストマスク R3 をマスクに凹部 6 を備えた半導体基板 102 を形成するところまでは実施の形態 13、11 (図 3 1 ~ 3 4、4 4 ~ 4 7) と同様であり、その後図 6 8 に示すように、埋め込み絶縁膜として、例えばフォトレジスト膜 700 (詳しくはポジ型有機レジスト材料膜) を半導体基板 102 上に表面が平らになるように塗布する。その後、レジスト膜 700 の表面層を露光もしくは現像液などにより全体を水平にエッチバックを行い、半導体基板 102 の凸部 11 の上端を露出させた後 (図 6 9)、各凹部 6

50

のみをフォトリソグラフィ技術により部分露光し、露光された各凹部 6 内部のフォトレジスト膜 702 を除去する (図 70)。続いて、各凹部 6 に物質検出材料を配置すべく、例えば直径 4 ~ 6 nm 程度のレセプター蛋白質 400 を半導体基板 102 全体に例えば滴下する (図 71)。その後、半導体基板を例えば回転させることで半導体基板 102 の凸部 11 上端もしくは多結晶シリコン膜 301 の上端を露出させ (図 72)、例えばセルロース膜 500 でラミネート膜をラッピングもしくは PVD 法などで成膜する。この際、セルロース膜 500 の一部が各凹部 6 に埋設され、半導体基板 102 の凸部 11 および多結晶シリコン膜 301 の上端面に密着する (図 73)。

【0072】

その後、図 74 に示すように、上部電極端子を形成すべくフォトリソグラフィ技術によりパターニングされたフォトレジストパターン R5 を用いて、フォトレジスト膜 702 上のセルロース膜 500 を例えば RIE 法等によりパターニング加工し、続いて、多結晶シリコン膜 301 上のフォトレジスト膜 702 とセルロース膜 501 上のレジストマスク R5 を同時に例えば RIE 法などによりエッチングする。これにより、コンタクト孔 9 を備えるフォトレジスト膜 703 が形成される (図 75)。フォトレジスト膜 703 を形成する際、セルロース膜 500 と選択比のある条件を用いれば、凹部 6 に埋設された物質検出材料は保護される。あるいは、セルロース膜 500 を透過する光源を用い、かつ、フォトレジストパターン R5 ないしフォトレジスト膜 702 の材料に感光性材料を用いることで、セルロース膜 500 に開口部を形成した後、再度現像液に浸すことで多結晶シリコン膜 301 上のフォトレジスト膜 702 を開口させても構わない。これにより多結晶シリコン膜 301 が例えば化学反応物質の電位変化を検値する電極となる電位センサが製造される。なお、この後に、コンタクト孔に金属材料を埋め込んで上部電極端子 (検出端子) を形成してもよい。

【0073】

(実施の形態 18 の電位センサの製造方法)

図 76 ~ 87 は上記実施の形態 18 (図 23) の構造の電位センサの製造工程 (一部) を説明する断面図である。

この場合、図 76 に示すように、P 型半導体基板 100 上にフォトリソグラフィ技術によりパターニングされたフォトレジストパターン R11 を形成し、該フォトレジストパターン R11 をマスクに用いて半導体基板 100 を異方性エッチングとして例えば RIE により深さが例えば 1 μm 程度の溝部 7 および凹部 6 を形成する (図 77)。この場合、凹部 6 の内面には後工程で酸化膜が形成されるため、酸化膜の厚みを考慮した幅寸法に凹部 6 を形成する。次に、得られた半導体基板 101 上のフォトレジストパターン R11 を剥離した後、例えば熱酸化法により、膜厚が 10 nm 程度のシリコン酸化膜から成るキャパシタ酸化膜 200 を、半導体基板 101 の凹部 6 および溝部 7 を有する表面に形成する (図 78)。

【0074】

続いて、キャパシタ電極材料となるリンが不純物として $1E19 \sim 1E21 / cm^3$ 程度ドーパされた多結晶シリコン膜 300 を例えば CVD 法等で膜厚 200 nm 程度で、キャパシタ酸化膜 200 上に堆積させる (図 79)。その後、キャパシタ電極を定義するフォトレジストパターン R4 をフォトリソグラフィ技術により形成し (図 80)、フォトレジストパターン R4 をマスクに用いて多結晶シリコン膜 300 を例えば CDE 法 (ケミカルドライエッチング) と RIE を組み合わせてエッチング加工し、キャパシタ電極となる多結晶シリコン膜 301 を形成する (図 81)。この際、下地のキャパシタ酸化膜 200 と選択比の高いエッチング条件を用いることで、選択的にキャパシタ電極材料である多結晶シリコン膜のみエッチング加工を行うことができ、図 81 に示すように、凹部 6 内および凸部 11 の上端側の多結晶シリコン膜が除去される。

【0075】

その後、フォトレジストパターン R4 を剥離し (図 82)、各凹部 6 に物質検出材料を配置すべく、例えば直径 4 ~ 6 nm 程度のレセプター蛋白質 400 を半導体基板 101 全

10

20

30

40

50

体に例えば滴下し（図 8 3）、半導体基板 1 0 1 を回転等させることで半導体基板 1 0 1 の凸部上端側もしくは多結晶シリコン膜 3 0 1 の上端面を露出させる（図 8 4）。次いで、例えばセルロース膜 5 0 0 でラミネート膜をラッピングもしくは P V D 法などで成膜し（図 8 5）、その後、半導体基板 1 0 1 の凸部上端側および多結晶シリコン膜 3 0 1 の上端面に密着したセルロース膜 5 0 0 を残存させるように例えばレーザー照射などにより選択的に除去し、物質検出材料を埋設する各凹部 6 の開口部をセルロース膜 5 0 1 にて封止する（図 8 6）。その後、溝部 7 に残存したレセプター蛋白質 4 0 0 を洗浄除去し、各凹部 6 のみにレセプター蛋白質 4 0 0 を配置させる（図 8 7）。これにより多結晶シリコン膜 3 0 1 が例えば化学反応物質の電位変化を検値する電極となる電位センサが製造される。

10

【 0 0 7 6 】

（実施の形態 1 9 の電位センサの製造方法）

図 8 8 ~ 9 8 は上記実施の形態 1 9（図 2 6）の構造の電位センサの製造工程（一部）を説明する断面図である。

この場合、図 8 8 に示すように、P 型半導体基板 1 0 0 上にフォトリソグラフィ技術によりパターンニングされたフォトレジストパターン R 1 2 を形成し、該フォトレジストパターン R 1 2 をマスクに用いて半導体基板 1 0 0 を異方性エッチングとして例えば R I E を行って、深さが例えば 1 μ m 程度の凹部 6 および溝部 7 を形成する（図 8 9）。この場合、凹部 6 の内面には後工程で酸化膜および導電膜が形成されるため、酸化膜および導電膜の厚みを考慮した幅寸法に凹部 6 を形成する。次に、得られた半導体基板 1 0 1 上のフォ

20

【 0 0 7 7 】

続いて、図 9 1 に示すように、キャパシタ電極材料となるリンが不純物として 1 E 1 9 ~ 1 E 2 1 / c m³ 程度ドーブされた多結晶シリコン膜 3 0 0 を、例えば C V D 法等により膜厚 2 0 0 n m 程度でキャパシタ酸化膜 2 0 0 上に堆積させる。これにより、凹部 6 の内面にはキャパシタ酸化膜 2 0 0 と多結晶シリコン膜 3 0 0 の積層膜が形成されることとなる。その後、キャパシタ電極を定義するフォトレジストパターン R 4 をフォトリソグラフィ技術により形成し（図 9 2）、フォトレジストパターン R 4 をマスクに用いて多結晶シリコン膜 3 0 0 の上部を例えば R I E によりエッチングして、凹部の内面側に導電膜とし

30

【 0 0 7 8 】

その後、フォトレジストパターン R 4 を剥離し、各凹部 6 に物質検出材料を配置すべく、例えば直径 4 ~ 6 n m 程度のレセプター蛋白質 4 0 0 を半導体基板 1 0 1 全体に例えば滴下し（図 9 4）、半導体基板 1 0 1 を例えば回転させることで半導体基板 1 0 1 の凸部上端側もしくは多結晶シリコン膜 3 0 1 の上端面を露出させる（図 9 5）。その後、各凹部に一部が埋設されるように、半導体基板 1 0 1 上に例えばセルロース膜 5 0 0 をラッピ

40

【 0 0 7 9 】

以上、実施の形態 3、6、1 1、1 2、1 3、1 4、1 6、1 8、1 9 の電位センサの製造方法を述べたが、これら以外の実施の形態の電位センサも、上述の製造方法のいくつかを種々組み合わせることで実施することができる。

【 0 0 8 0 】

50

(他の実施の形態)

1. 上記実施の形態では、既存の容量測定器を用いて電位変化量を測定するように構成した場合を例示したが、電位センサデバイスと同一チップ内に容量測定回路を備えてもよく、さらに表示部もしくは測定値を記憶するメモリ部を一体化していても構わない。この時、事前を取得していた被測定物質(例えばブドウ糖溶液)の濃度と物質検出材料(例えばレセプター蛋白質)の反応特性(電位変化量)である相関データを用いて読み取った電位変化量に対応した被測定物質の濃度を外部表示機器に表示すれば良い。

2. さらに、電位センサデバイス(センサチップ)毎の測定精度を高くするために、校正手段を設けてもよく、例えば基準濃度のサンプルにて測定値を読み取り、測定器の表示との差を補正すれば良い。補正情報は本発明の電位センサデバイスと同チップ内に収めるのが好ましく、例えばROM(リードオンリーメモリ)やFLASHメモリ(不揮発性半導体)等の半導体デバイスに補正係数を書き込み、測定値が自動で補正されるのが好ましい。あるいはチップに補正情報を印字し、測定時に補正情報を入力した計算機でデータ処理時等の補正計算を行っても構わない。

3. 上記実施の形態では、複数個の凹部を有する1つの電位センサにおいて、複数個の凹部(物質検出部)に対して1個の検出端子を設けた場合を例示したが、各凹部(物質検出部)にそれぞれ1個ずつ検出端子を設けてもよい。この場合、各凹部にはそれぞれ異なる物質検出材料を収容し、各凹部間で電極を分割し、各凹部に対応する電極にそれぞれ検出端子を接続する。

4. 上記実施の形態では、半導体基板の溝部側面さらには凹部側面に絶縁膜を形成した場合を例示したが、この絶縁膜は省略しても電位センサとしての機能は確保される。

5. 上記実施の形態では、半導体基板の表面に溝部を設けた場合を例示したが、溝部を省略することも可能である。この場合、凹部の基板平面に対して垂直方向の断面形状を蟻溝状とし、凹部開口部を除く半導体基板の表面に少なくとも電極を形成する。

6. 上記実施の形態では、凹部内の物質検出材料を通過させずに被測定物質を通過させる被覆膜にて各凹部の開口部を封止する場合を例示したが、各凹部を封止する方法としては、例えばプラスチックフィルムを半導体基板の表面に剥離可能に貼り付け、使用時にこのフィルムを剥がして凹部を開口し、被測定物質を凹部に滴下できるように構成してもよい。この場合、フィルムは剥離面に物質検出材料が付着しない素材が好ましい。また、フィルムの半導体基板表面への貼り付けは、半導体基板表面(凹部と溝部の間)に粘着剤を例えば塗りつけ、粘着剤によりフィルムを半導体基板表面に剥離可能に固定する方法が考えられる。あるいは、物質検出材料が凹部から容易に出ないものであれば、被覆膜を省略することも可能であり、プラスチック包装袋等にて包装しておけばよい。

【産業上の利用可能性】

【0081】

本発明の電位センサは、ある特定の物質およびその量を検出するセンサとして用いることができ、例えば、ブドウ糖、グルコース、尿素、アミノ酸、その他例えば環境ホルモンのような化学物質等の物質およびその量を高精度に検出するためのバイオセンサとして好適である。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本発明の電位センサ(実施の形態Aグループ)の被覆膜を除去した状態での平断面図であって、凹部が1列に配置された状態を示す。

【図2】本発明の電位センサ(実施の形態Aグループ)の被覆膜を除去した状態での平断面図であって、凹部がマトリックス状に配置された状態を示す。

【図3】本発明の電位センサの実施の形態1を示す図1および2のA-A線断面図である。

。

【図4】実施の形態1を示す図1および2のB-B線断面図である。

【図5】実施の形態2を示す図1および2のB-B線断面図である。

【図6】実施の形態3を示す図1および2のB-B線断面図である。

- 【図 7】実施の形態 4 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 8】実施の形態 5 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 9】実施の形態 6 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 10】実施の形態 7 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 11】実施の形態 8 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 12】実施の形態 9 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 13】実施の形態 10 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 14】実施の形態 11 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 15】実施の形態 12 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 16】実施の形態 13 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。 10
- 【図 17】実施の形態 14 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 18】実施の形態 15 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 19】実施の形態 16 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 20】本発明の電位センサ（実施の形態 B グループ）の被覆膜を除去した状態での平断面図であって、凹部が 1 列に配置された状態を示す。
- 【0083】
- 【図 21】本発明の電位センサ（実施の形態 B グループ）の被覆膜を除去した状態での平断面図であって、凹部がマトリクス状に配置された状態を示す。
- 【図 22】実施の形態 17 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 23】実施の形態 18 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。 20
- 【図 24】本発明の電位センサ（実施の形態 C グループ）の被覆膜を除去した状態での平断面図であって、凹部が 1 列に配置された状態を示す。
- 【図 25】本発明の電位センサ（実施の形態 C グループ）の被覆膜を除去した状態での平断面図であって、凹部がマトリクス状に配置された状態を示す。
- 【図 26】実施の形態 19 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 27】実施の形態 20 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 28】実施の形態 21 を示す図 1 および 2 の B - B 線断面図である。
- 【図 29】実施の形態 22 の電位センサデバイスを示す構成説明図である。
- 【図 30】実施の形態 23 の電位センサデバイスを示す構成説明図である。
- 【図 31】実施の形態 13 の構造の電位センサの製造工程を説明する断面図である。 30
- 【図 32】図 31 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 33】図 32 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 34】図 33 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 35】図 34 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 36】図 35 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 37】図 36 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 38】図 37 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 39】図 38 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 40】図 39 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【0084】 40
- 【図 41】図 40 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 42】図 41 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 43】図 42 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 44】実施の形態 11 の構造の電位センサの製造工程を説明する断面図である。
- 【図 45】図 44 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 46】図 45 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 47】図 46 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 48】図 47 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 49】図 48 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 50】図 49 の工程のつづきを示す断面図である。 50

- 【図 5 1】図 5 0 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 5 2】図 5 1 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 5 3】実施の形態 1 2 の構造の電位センサの製造工程を説明する断面図である。
- 【図 5 4】図 5 3 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 5 5】図 5 4 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 5 6】実施の形態 3 の構造の電位センサの製造工程を説明する断面図である。
- 【図 5 7】図 5 6 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 5 8】実施の形態 1 4 の構造の電位センサの製造工程を説明する断面図である。
- 【図 5 9】図 5 8 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 6 0】図 5 9 の工程のつづきを示す断面図である。 10
- 【 0 0 8 5 】
- 【図 6 1】図 6 0 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 6 2】図 6 1 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 6 3】図 6 2 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 6 4】図 6 3 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 6 5】図 6 4 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 6 6】図 6 5 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 6 7】図 6 6 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 6 8】実施の形態 1 6 の構造の電位センサの製造工程を説明する断面図である。
- 【図 6 9】図 6 8 の工程のつづきを示す断面図である。 20
- 【図 7 0】図 6 9 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 7 1】図 7 0 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 7 2】図 7 1 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 7 3】図 7 2 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 7 4】図 7 3 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 7 5】図 7 4 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 7 6】実施の形態 1 8 の構造の電位センサの製造工程を説明する断面図である。
- 【図 7 7】図 7 6 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 7 8】図 7 7 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 7 9】図 7 8 の工程のつづきを示す断面図である。 30
- 【図 8 0】図 7 9 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【 0 0 8 6 】
- 【図 8 1】図 8 0 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 8 2】図 8 1 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 8 3】図 8 2 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 8 4】図 8 3 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 8 5】図 8 4 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 8 6】図 8 5 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 8 7】図 8 6 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 8 8】実施の形態 1 9 の構造の電位センサの製造工程を説明する断面図である。 40
- 【図 8 9】図 8 8 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 9 0】図 8 9 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 9 1】図 9 0 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 9 2】図 9 1 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 9 3】図 9 2 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 9 4】図 9 3 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 9 5】図 9 4 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 9 6】図 9 5 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 9 7】図 9 6 の工程のつづきを示す断面図である。
- 【図 9 8】図 9 7 の工程のつづきを示す断面図である。 50

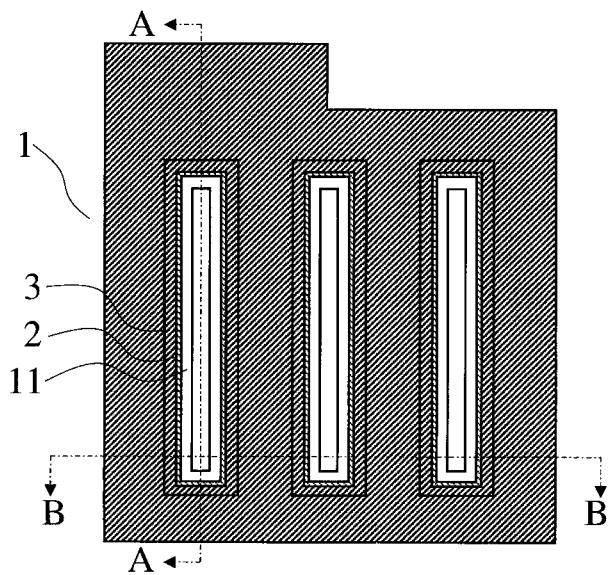
【符号の説明】

【 0 0 8 7 】

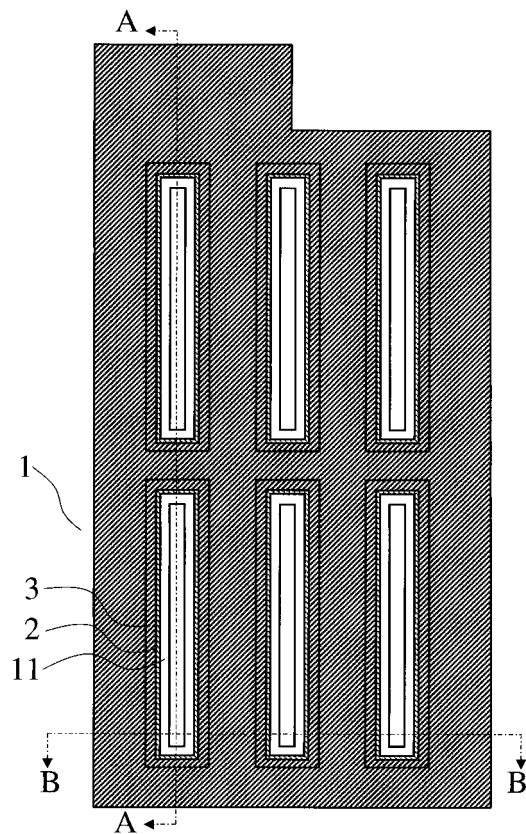
- 1,100,101,102 半導体基板(シリコン基板)
 2, 201 シリコン酸化膜(第1絶縁膜)
 3, 301, 302 キャパシタ電極(電極)
 4,400 レセプター蛋白質(物質検出材料)
 5,501 セルローズ膜(被覆膜)
 6 凹部
 7 溝部
 8,211,703 埋め込み絶縁膜(フォトレジスト膜)
 9 コンタクト孔
 11凸部
 32 導電膜
 800,801 シリコン窒化膜
 R1, R2, R3, R4, R5, R11, R12 フォトレジストパターン

10

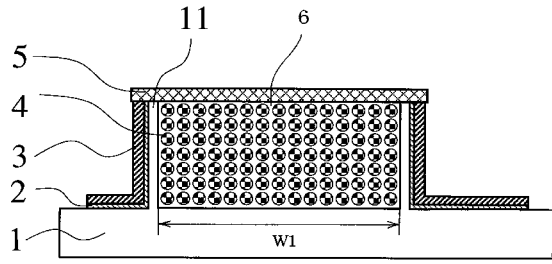
【図1】



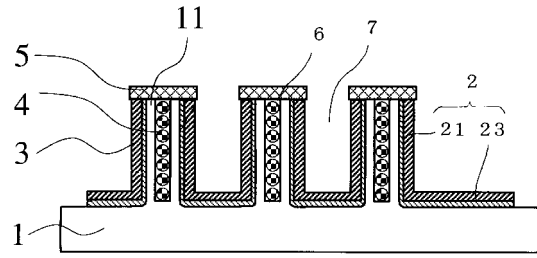
【図2】



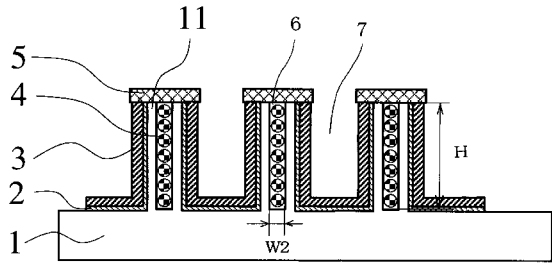
【図 3】



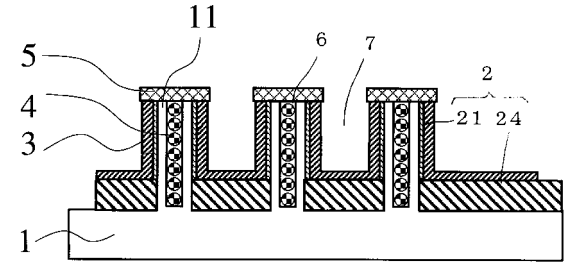
【図 5】



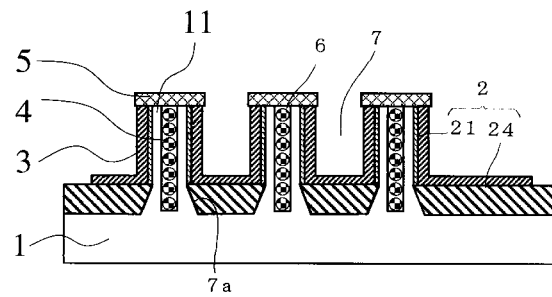
【図 4】



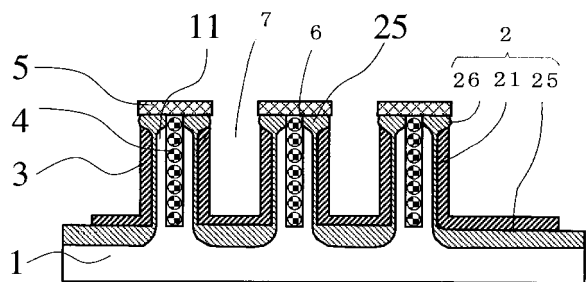
【図 6】



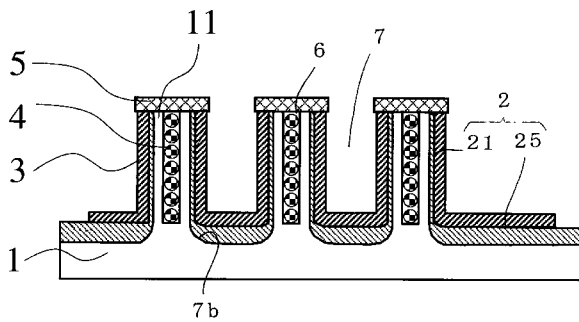
【図 7】



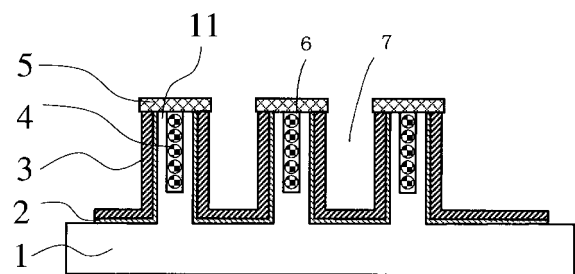
【図 9】



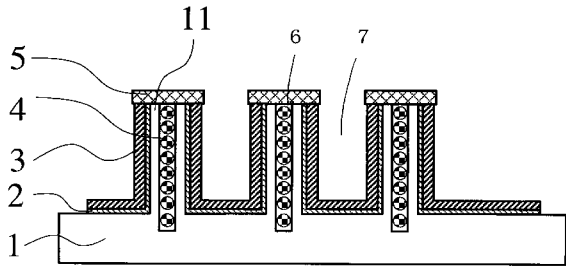
【図 8】



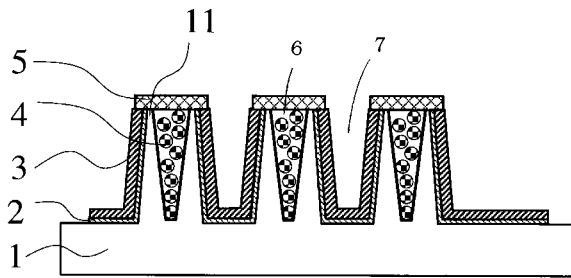
【図 10】



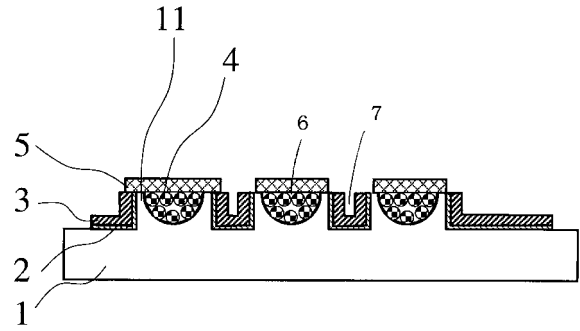
【図11】



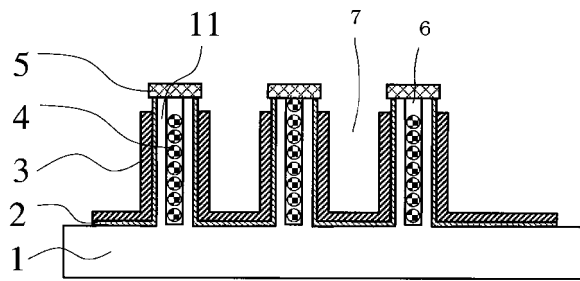
【図12】



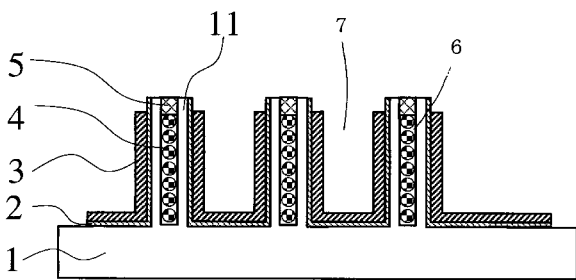
【図13】



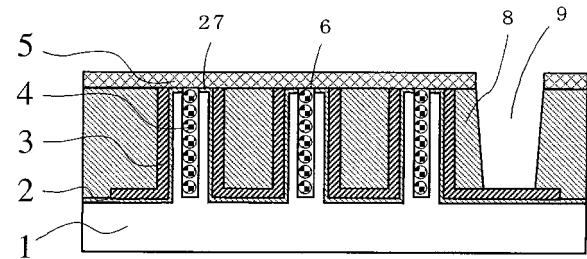
【図14】



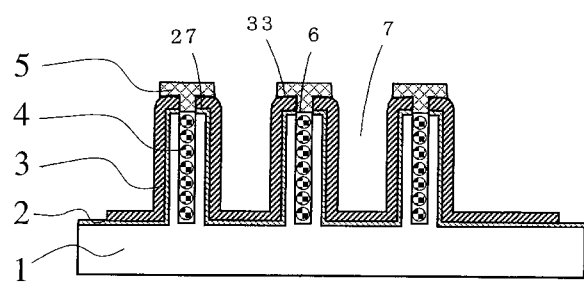
【図15】



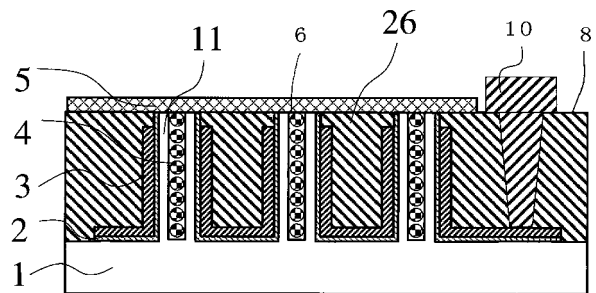
【図17】



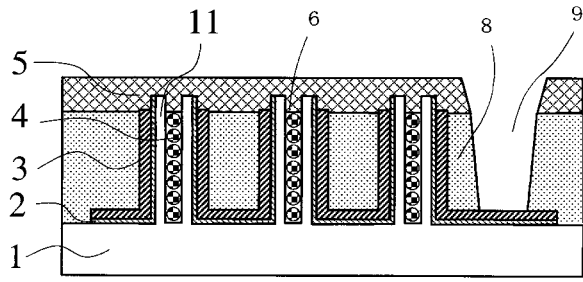
【図16】



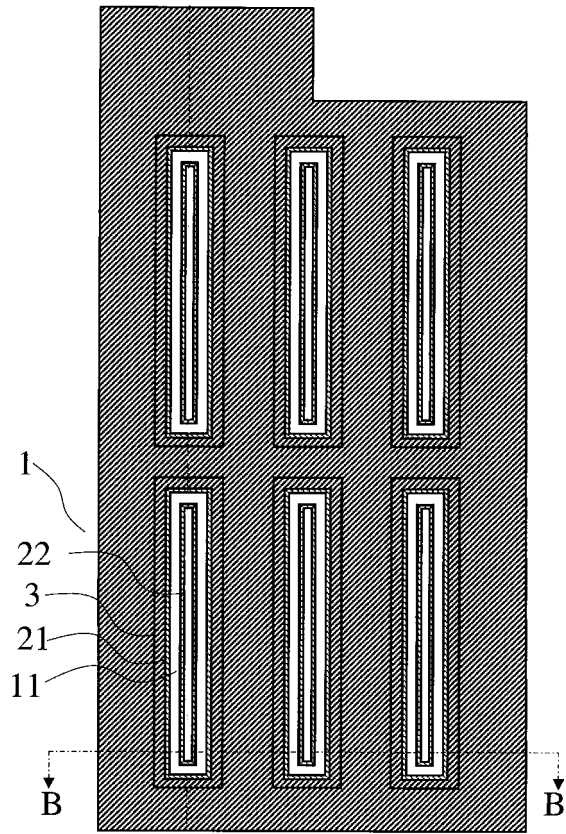
【図18】



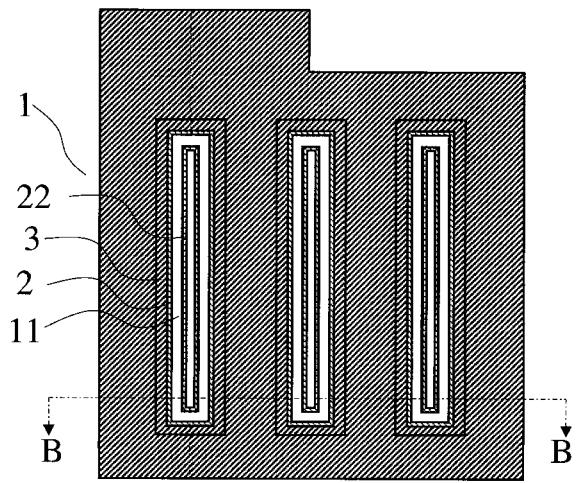
【図 19】



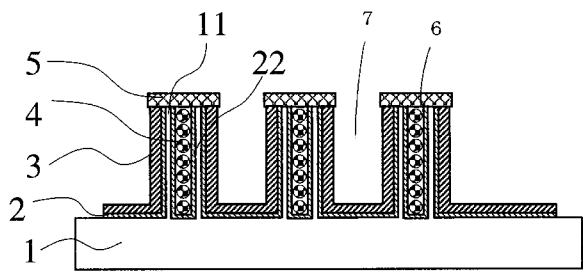
【図 21】



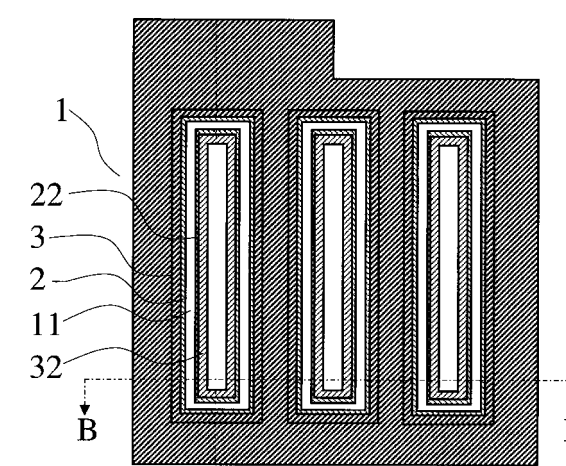
【図 20】



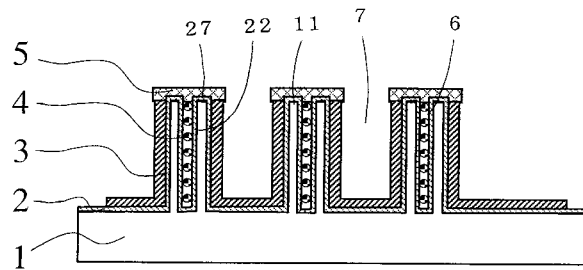
【図 22】



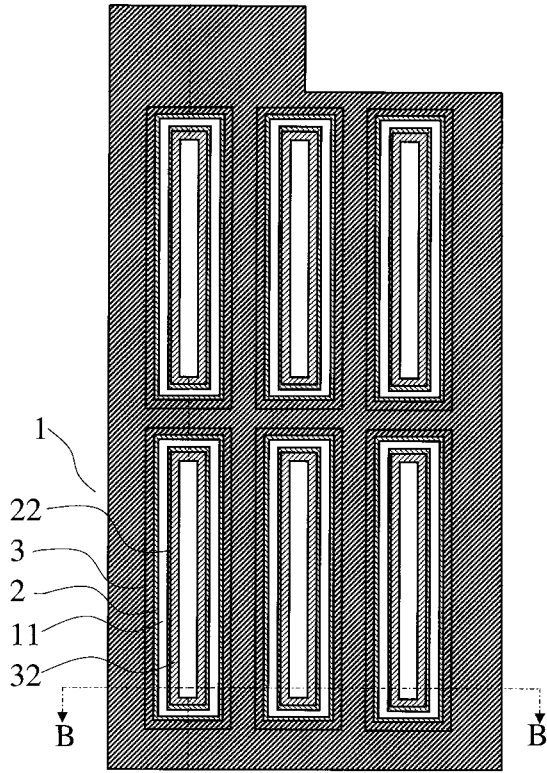
【図 24】



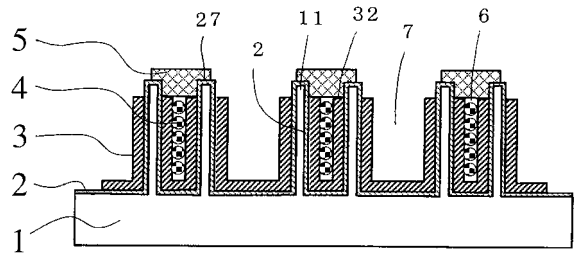
【図 23】



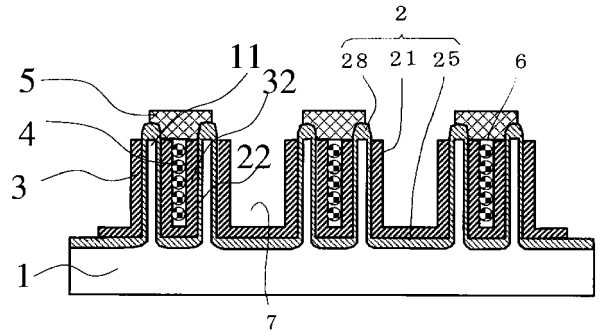
【図 25】



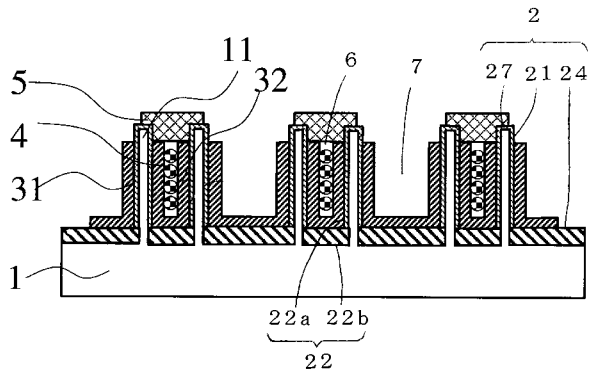
【図 26】



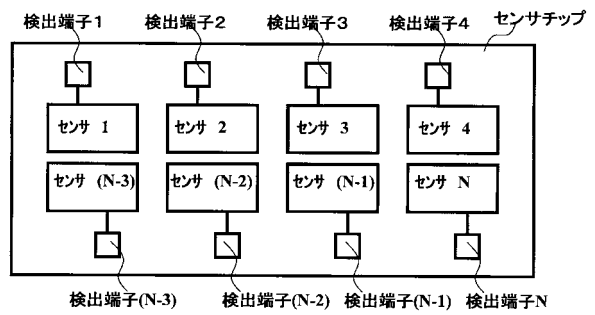
【図 27】



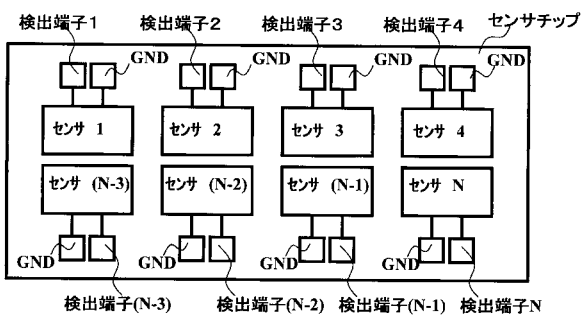
【図 28】



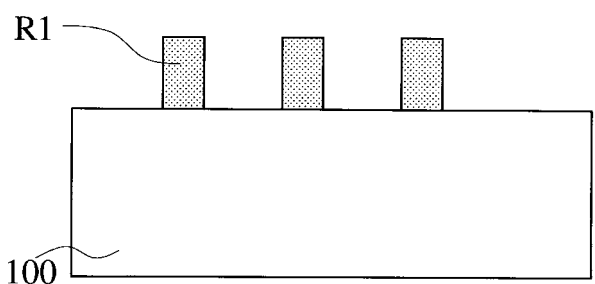
【図 30】



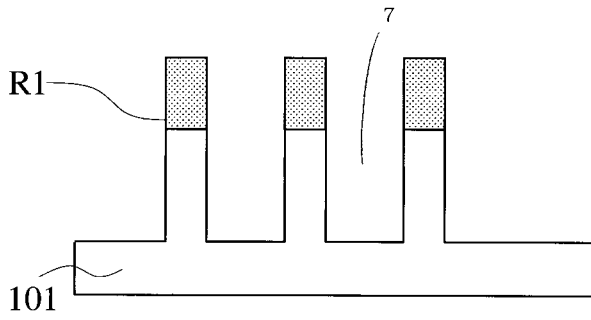
【図 29】



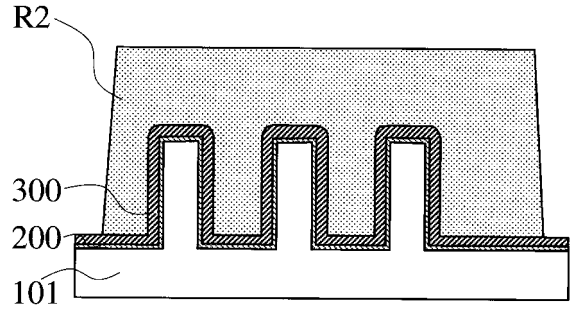
【図 31】



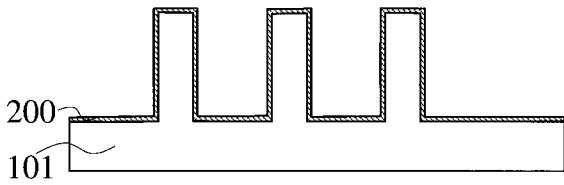
【図 3 2】



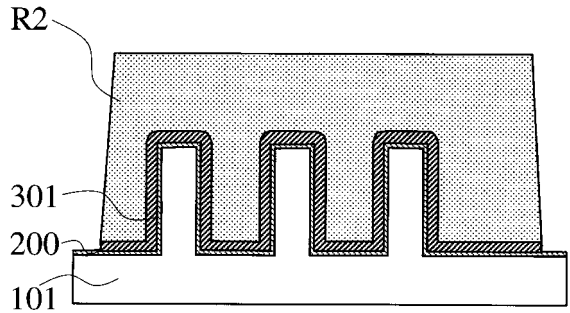
【図 3 5】



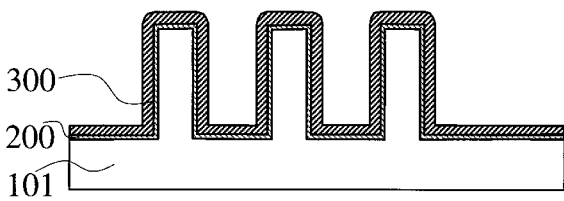
【図 3 3】



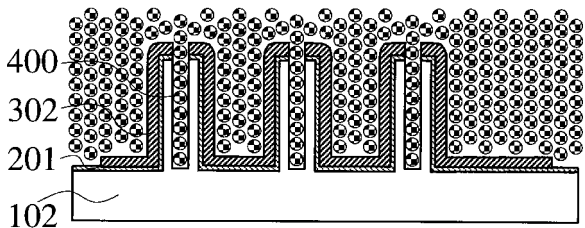
【図 3 6】



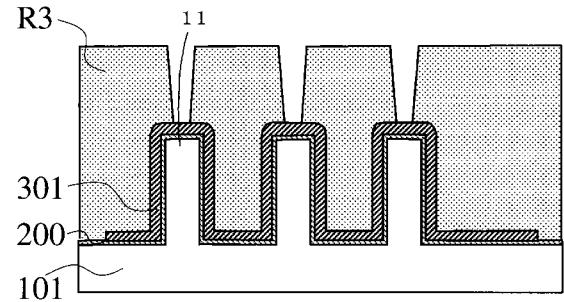
【図 3 4】



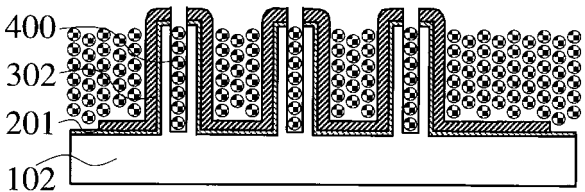
【図 3 9】



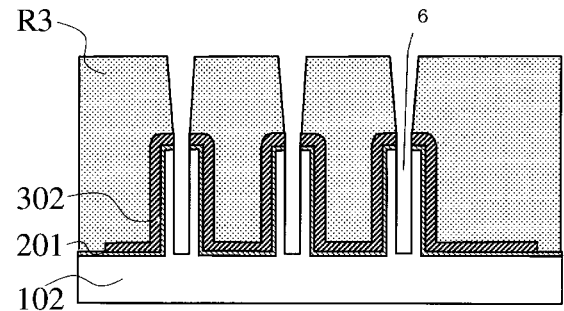
【図 3 7】



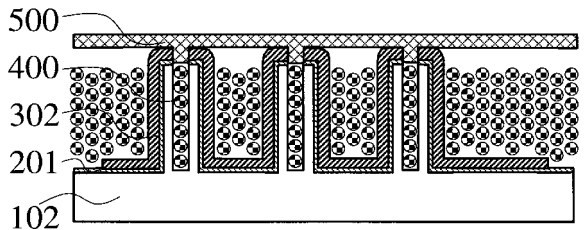
【図 4 0】



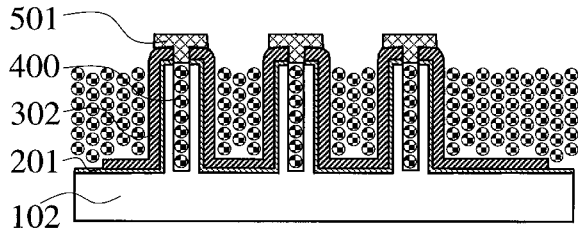
【図 3 8】



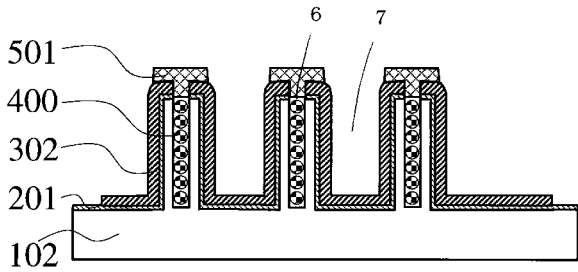
【図 4 1】



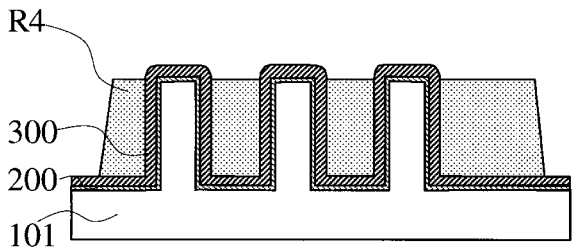
【図 4 2】



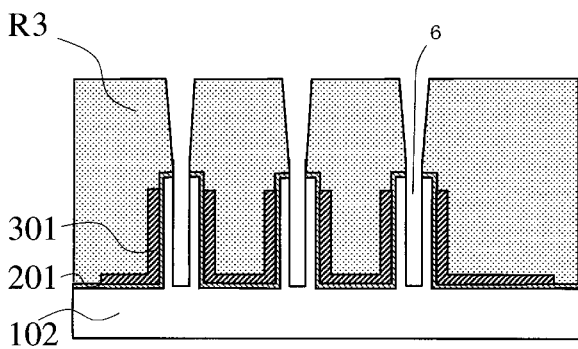
【図 4 3】



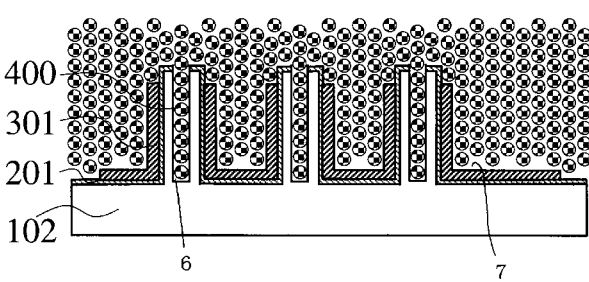
【図 4 4】



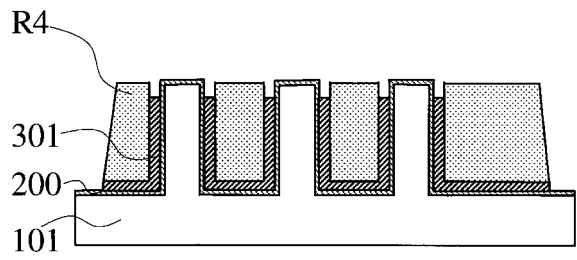
【図 4 7】



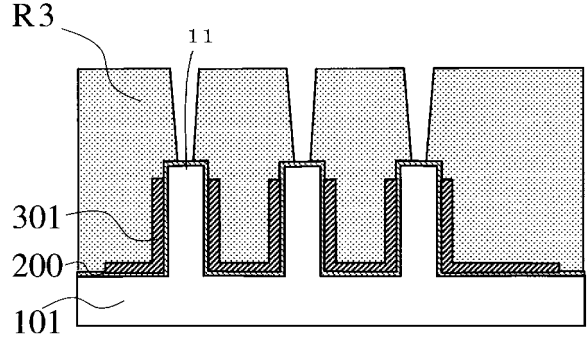
【図 4 8】



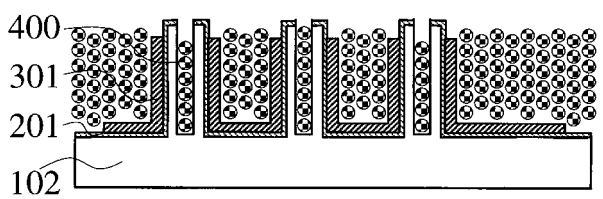
【図 4 5】



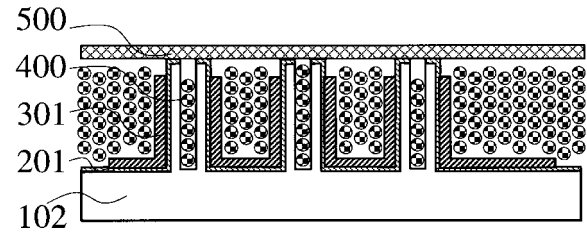
【図 4 6】



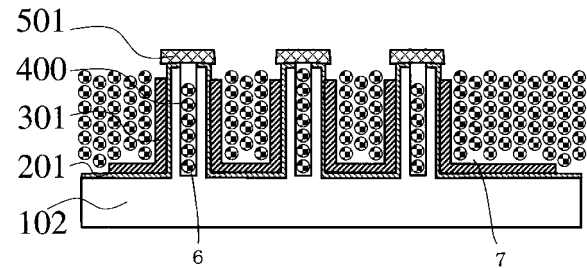
【図 4 9】



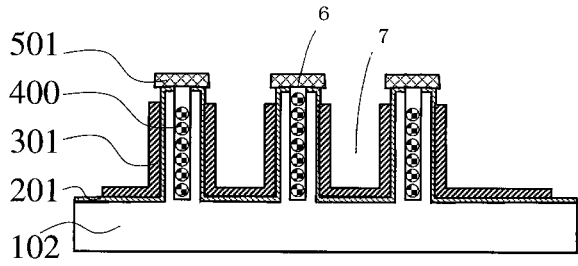
【図 5 0】



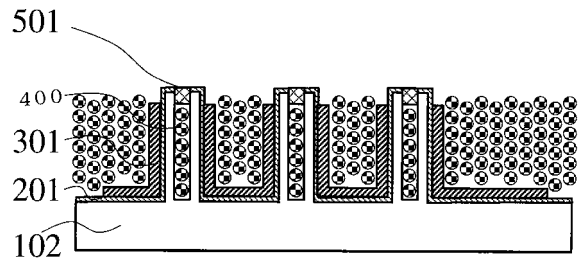
【図 5 1】



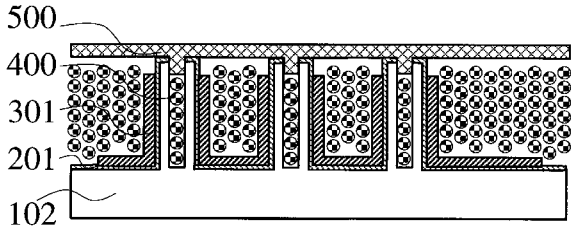
【図 5 2】



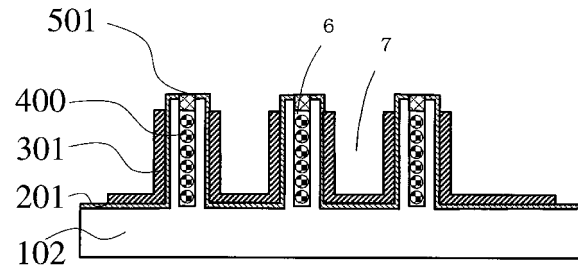
【図 5 4】



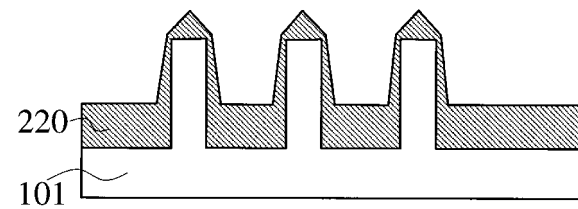
【図 5 3】



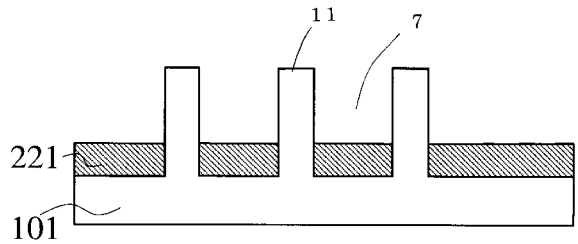
【図 5 5】



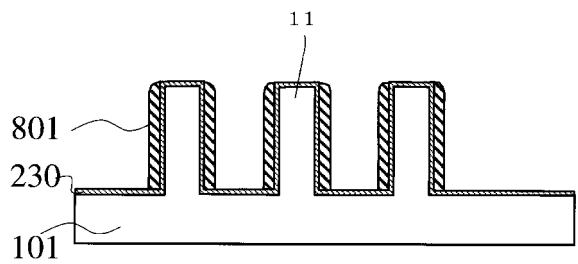
【図 5 6】



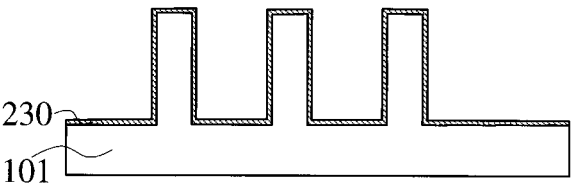
【図 5 7】



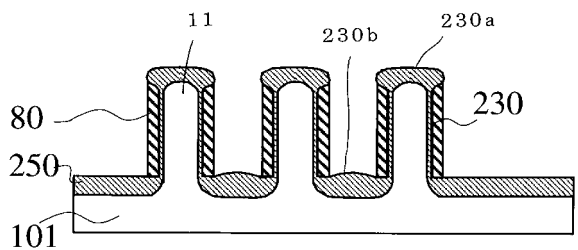
【図 6 0】



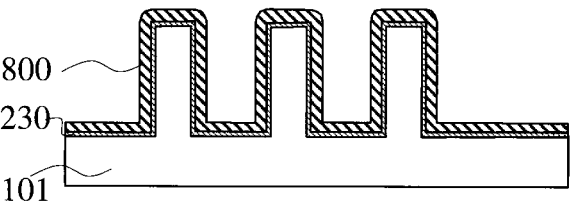
【図 5 8】



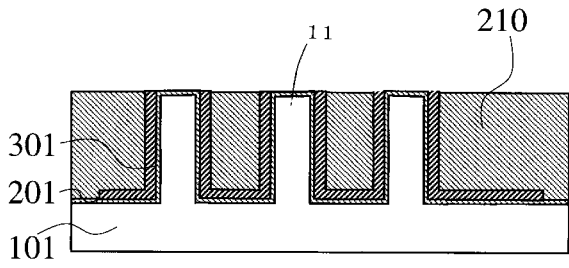
【図 6 1】



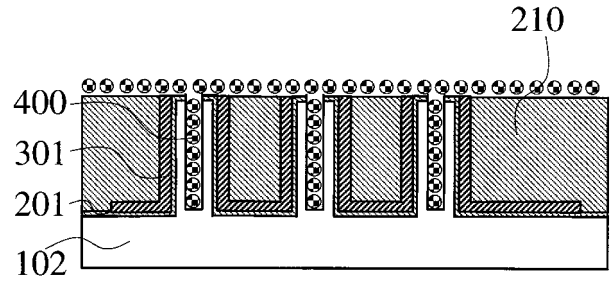
【図 5 9】



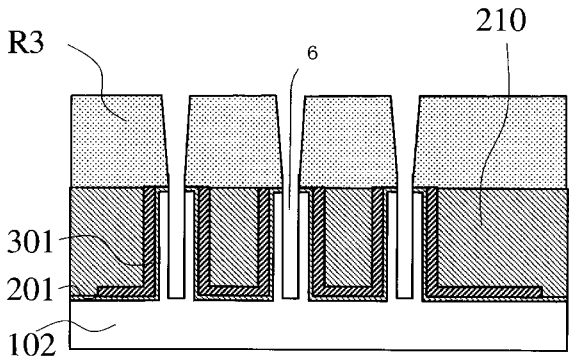
【図 6 2】



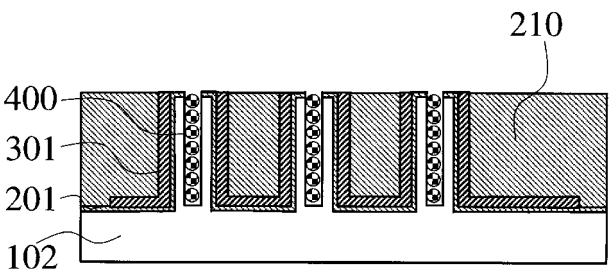
【図 6 4】



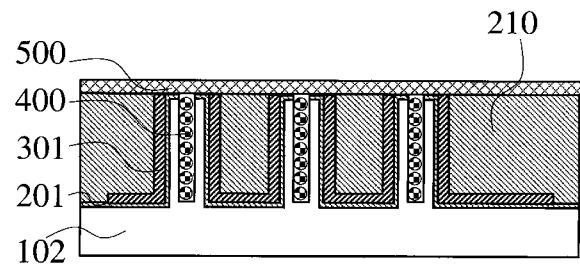
【図 6 3】



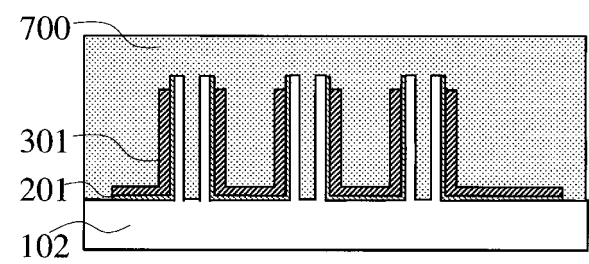
【図 6 5】



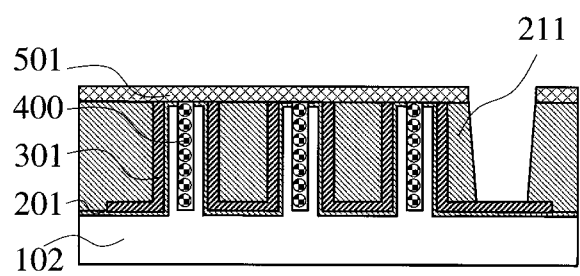
【図 6 6】



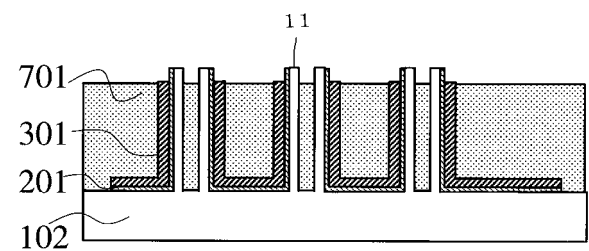
【図 6 8】



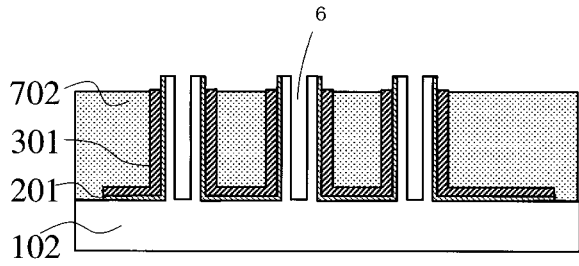
【図 6 7】



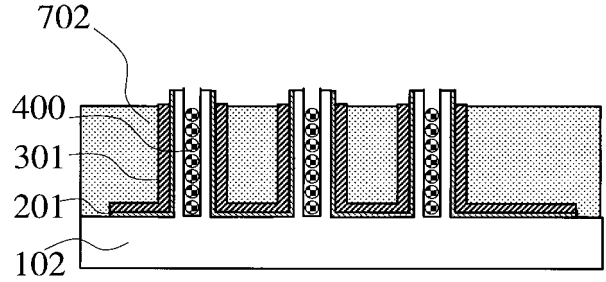
【図 6 9】



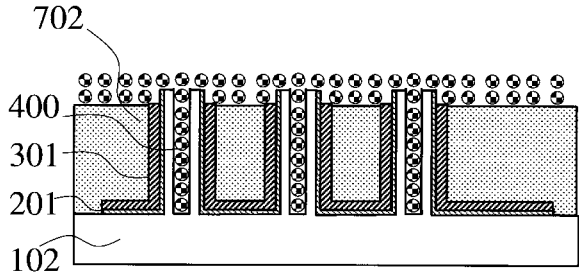
【図 7 0】



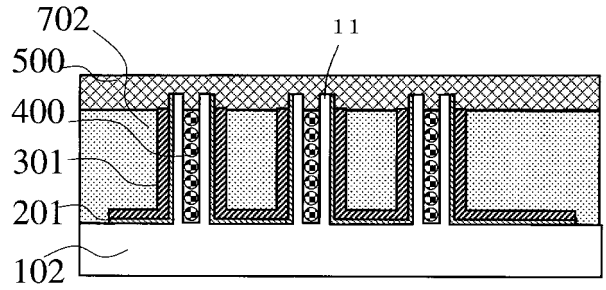
【図 7 2】



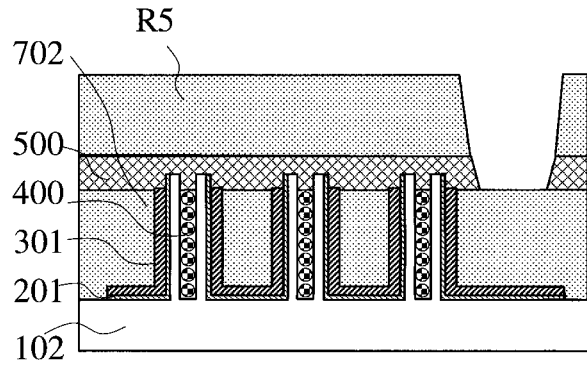
【図 7 1】



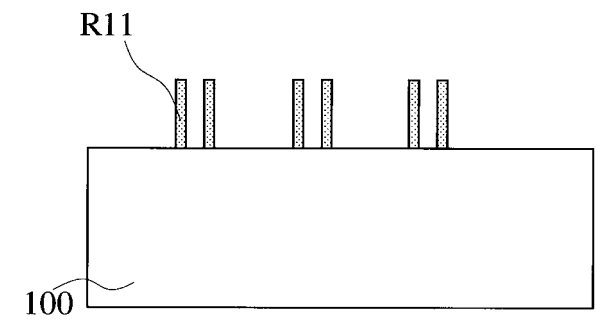
【図 7 3】



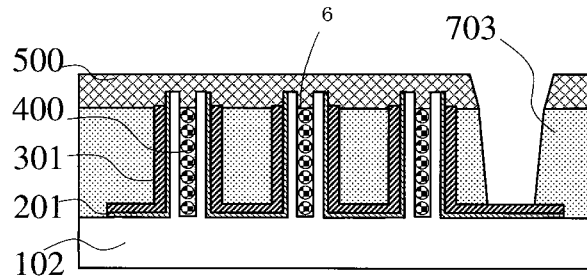
【図 7 4】



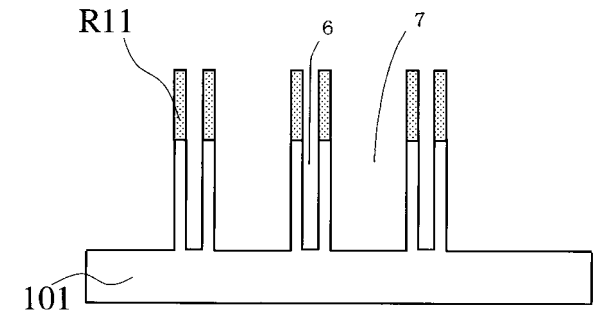
【図 7 6】



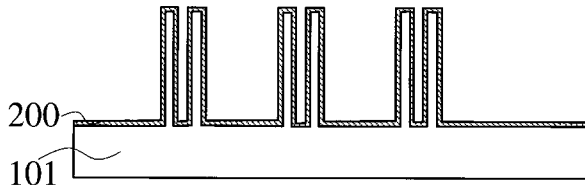
【図 7 5】



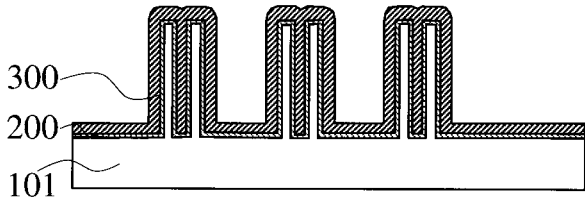
【図 7 7】



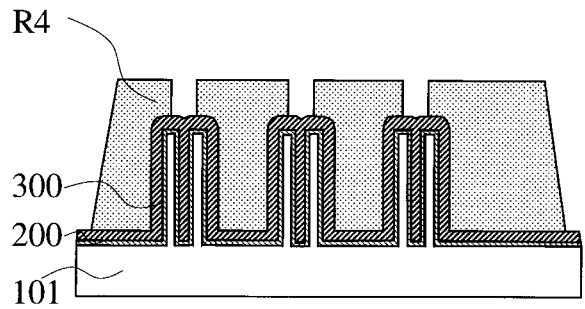
【図78】



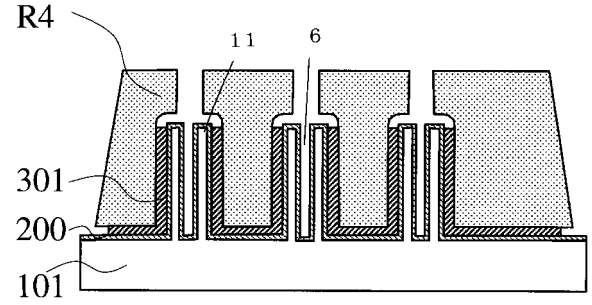
【図79】



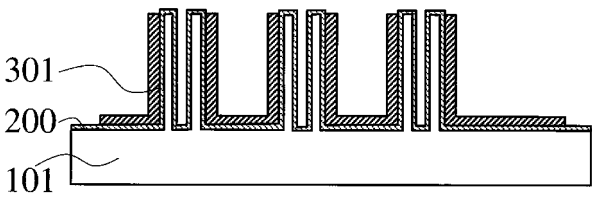
【図80】



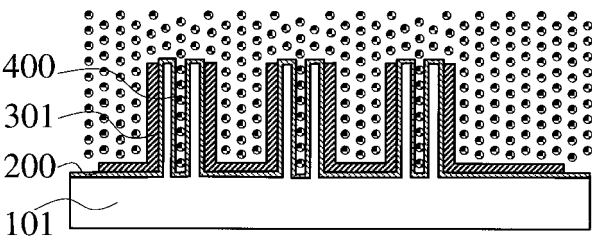
【図81】



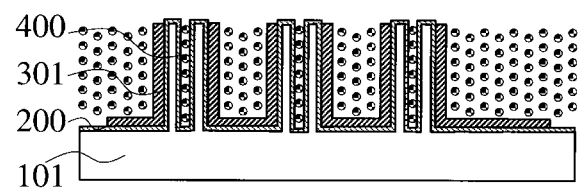
【図82】



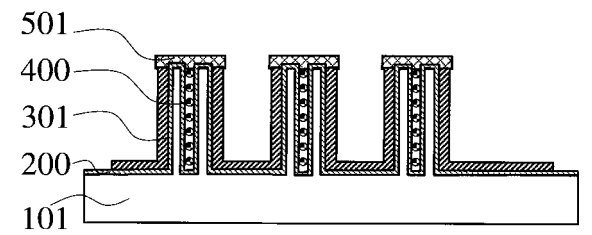
【図83】



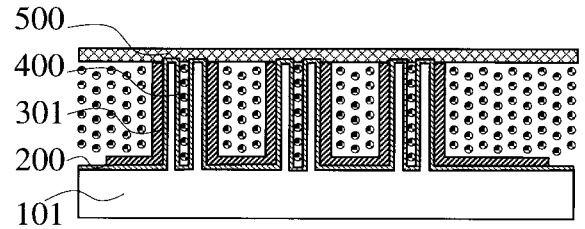
【図84】



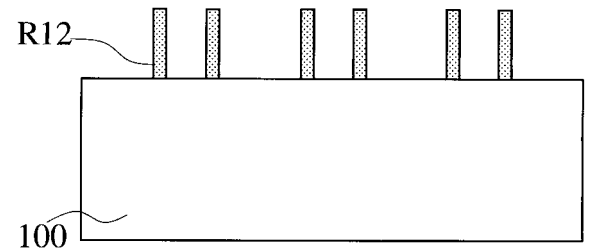
【図87】



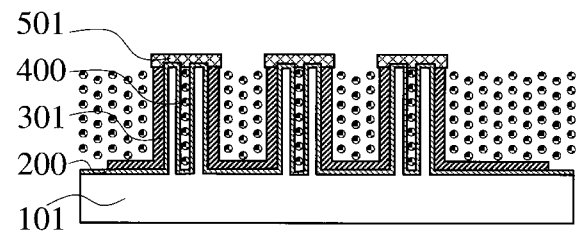
【図85】



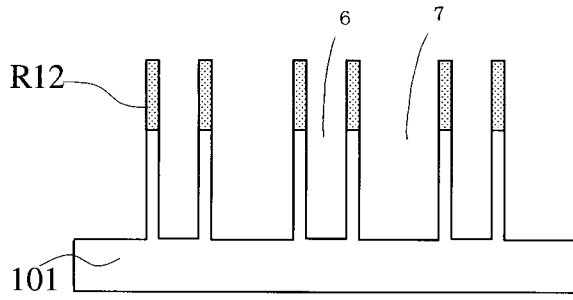
【図88】



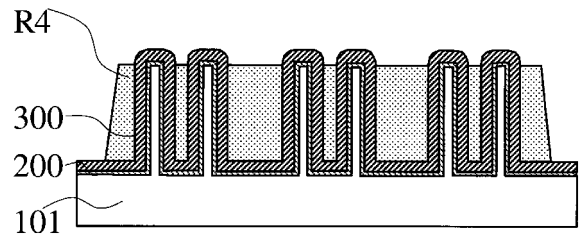
【図86】



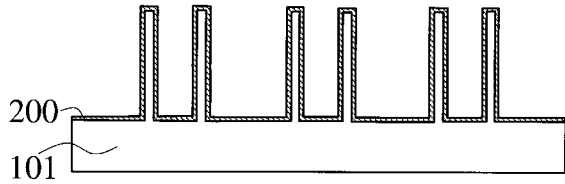
【図 89】



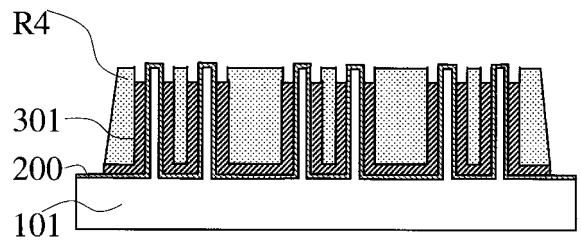
【図 92】



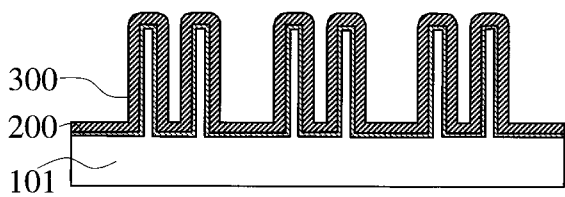
【図 90】



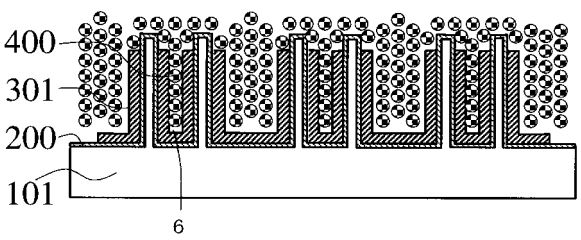
【図 93】



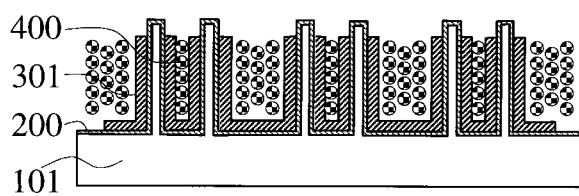
【図 91】



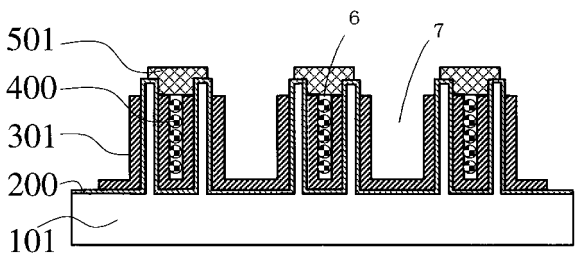
【図 94】



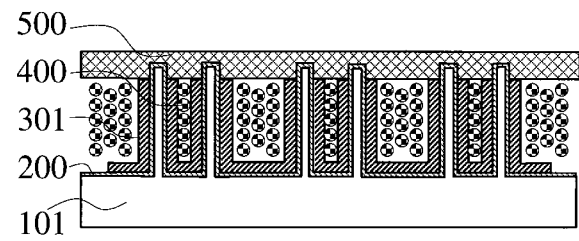
【図 95】



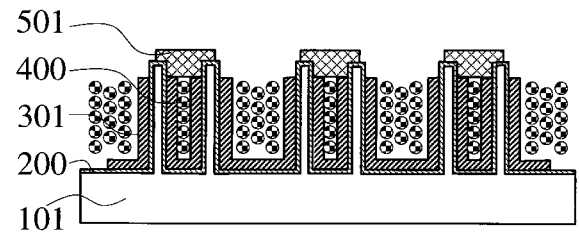
【図 98】



【図 96】



【図 97】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 N 27/30 3 0 1 V

G 0 1 N 27/30 3 0 1 N

G 0 1 N 27/30 3 0 1 Z