

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6569901号  
(P6569901)

(45) 発行日 令和1年9月4日(2019.9.4)

(24) 登録日 令和1年8月16日(2019.8.16)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/90	M
HO 1 L 23/532 (2006.01)	HO 1 L 21/90	K
HO 1 L 21/3205 (2006.01)	HO 1 L 21/88	T
HO 1 L 23/522 (2006.01)	HO 1 L 21/90	A
GO 1 N 27/00 (2006.01)	GO 1 N 27/00	J

請求項の数 14 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-169741 (P2015-169741)	(73) 特許権者	308033711 ラピスセミコンダクタ株式会社 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目4番地8
(22) 出願日	平成27年8月28日(2015.8.28)	(73) 特許権者	304023318 国立大学法人静岡大学 静岡県静岡市駿河区大谷836
(65) 公開番号	特開2017-45964 (P2017-45964A)	(74) 代理人	100079049 弁理士 中島 淳
(43) 公開日	平成29年3月2日(2017.3.2)	(74) 代理人	100084995 弁理士 加藤 和詳
審査請求日	平成30年6月20日(2018.6.20)	(74) 代理人	100099025 弁理士 福田 浩志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置及び半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に第1層間膜を形成する工程と、  
前記第1層間膜上に少なくとも一対の測定対象の水分状態計測用の内部電極を形成する工程と、  
前記第1層間膜及び前記内部電極上に第2層間膜を形成する工程と、  
前記第2層間膜上に疎水性の第1絶縁膜を形成する工程と、  
前記第1絶縁膜上に親水性の第2絶縁膜を形成する工程と、  
前記第2層間膜、第1絶縁膜、及び前記第2絶縁膜を貫通して前記内部電極に達するトレンチを形成する工程と、  
前記トレンチの内部から前記トレンチの開口部周囲の前記第2絶縁膜の表面にわたって少なくとも一対の外部電極を形成する工程と、  
を備えた測定対象の水分状態計測用センサの機能を有する半導体装置の製造方法。

【請求項2】

前記外部電極は、前記トレンチの底部及び内壁部を覆うように形成する、  
請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】

前記外部電極を形成する工程は、前記トレンチの内壁及び前記トレンチの開口部周囲の前記第2絶縁膜の表面にわたって第1外部電極層を形成する工程と、前記第1外部電極層上に第2外部電極層を形成する工程と、を備える

請求項 1 または請求項 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記第 2 絶縁膜に、前記第 2 絶縁膜を貫通しない複数のコンタクトホール及び複数のトレンチの少なくとも一方を形成する工程をさらに備えた、

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記第 1 層間膜を形成する前に、前記基板上の前記一对の外部電極が形成される領域間にソース領域及びドレイン領域を形成する工程、及び前記ソース領域及び前記ドレイン領域が形成された前記基板上に pH 感応膜を形成する工程をさらに備え、

前記 pH 感応膜上に、前記第 1 層間膜を形成し、

前記内部電極を形成する工程では、前記内部電極とともに、前記ソース領域上及び前記ドレイン領域上に pH センサ用内部電極をさらに形成し、

前記トレンチを形成する工程の前に、前記ソース領域と前記ドレイン領域との間に前記第 1 層間膜、前記第 2 層間膜、前記第 1 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通し、前記 pH 感応膜に達する pH センサ用トレンチを形成する工程をさらに備えた、

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

前記第 1 絶縁膜を形成する前に、前記第 2 層間膜の表面を平坦化する工程をさらに備えた、

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

前記第 2 絶縁膜の材料は、 $\text{SiO}_2$  である、

請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

前記測定対象の水分状態計測用センサの機能は、EC センサの機能を含む、

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

前記測定対象の水分状態計測用センサの機能は、水分状態として位相変化を検出する機能を含む、

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

前記測定対象の水分状態計測用センサの機能は、イオン濃度を検出する機能を含む、

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

基板上における一对の外部電極が形成される領域間にソース領域及びドレイン領域を形成する工程と、

前記ソース領域及び前記ドレイン領域が形成された前記基板上に pH 感応膜を形成する工程と、

前記 pH 感応膜上に第 1 層間膜を形成する工程と、

前記第 1 層間膜上に少なくとも一对の内部電極を形成するとともに、前記ソース領域上及び前記ドレイン領域上に pH センサ用内部電極を形成する工程と、

前記第 1 層間膜及び前記内部電極上に第 2 層間膜を形成する工程と、

前記第 2 層間膜上に疎水性の第 1 絶縁膜を形成する工程と、

前記第 1 絶縁膜上に親水性の第 2 絶縁膜を形成する工程と、

前記ソース領域と前記ドレイン領域との間に前記第 1 層間膜、前記第 2 層間膜、前記第 1 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通し、前記 pH 感応膜に達する pH センサ用トレンチを形成する工程と、

前記第 2 層間膜、第 1 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通して前記内部電極に達するトレンチを形成する工程と、

前記トレンチの内部から前記トレンチの開口部周囲の前記第 2 絶縁膜の表面にわたって

10

20

30

40

50

少なくとも前記一对の外部電極を形成する工程と、  
を備えた半導体装置の製造方法。

【請求項 1 2】

基板上に形成された第 1 層間膜と、  
前記第 1 層間膜上に形成された少なくとも一对の測定対象の水分状態計測用の内部電極  
と、

前記第 1 層間膜及び前記内部電極上に形成された第 2 層間膜と、  
前記第 2 層間膜上に形成された疎水性の第 1 絶縁膜と、  
前記第 1 絶縁膜上に形成された親水性の第 2 絶縁膜と、  
前記第 2 層間膜、第 1 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通して前記内部電極に達するト  
レンチの内部から前記トレンチの開口部周囲の前記第 2 絶縁膜の表面にわたって形成され  
た少なくとも一对の外部電極と、  
を備えた測定対象の水分状態計測用センサの機能を有する半導体装置。

10

【請求項 1 3】

前記基板上の前記一对の外部電極が形成される領域間に形成されたソース領域及びドレ  
イン領域と、

前記ソース領域及び前記ドレイン領域が形成された前記基板上に形成された pH 感応膜  
と、をさらに備え、

前記第 1 層間膜は、前記 pH 感応膜上に形成されており、  
前記ソース領域上及び前記ドレイン領域上に形成された pH センサ用内部電極と、  
前記ソース領域と前記ドレイン領域との間に形成された前記第 1 層間膜、前記第 2 層間  
膜、前記第 1 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通し、前記 pH 感応膜に達する pH センサ  
用トレンチと、をさらに備えた、

20

請求項 1 2 に記載の半導体装置。

【請求項 1 4】

基板上に形成された第 1 層間膜と、  
前記第 1 層間膜上に形成された少なくとも一对の内部電極と、  
前記第 1 層間膜及び前記内部電極上に形成された第 2 層間膜と、  
前記第 2 層間膜上に形成された疎水性の第 1 絶縁膜と、  
前記第 1 絶縁膜上に形成された親水性の第 2 絶縁膜と、  
前記第 2 層間膜、第 1 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通して前記内部電極に達するト  
レンチの内部から前記トレンチの開口部周囲の前記第 2 絶縁膜の表面にわたって形成され  
た少なくとも一对の外部電極と、

30

前記基板上の前記一对の外部電極が形成される領域間に形成されたソース領域及びドレ  
イン領域と、

前記ソース領域及び前記ドレイン領域が形成された前記基板上に形成された pH 感応膜  
と、

前記ソース領域上及び前記ドレイン領域上に形成された pH センサ用内部電極と、  
前記ソース領域と前記ドレイン領域との間の前記 pH 感応膜上に形成されている前記第  
1 層間膜、前記第 2 層間膜、前記第 1 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通し、前記 pH 感  
応膜に達する pH センサ用トレンチと、

40

を備えた半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置及び半導体装置の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体装置として、土壌等に含まれる水分の状態を計測する様々なセンサが知られてい  
る。水分状態としては、水分量、電気伝導度、温度、pH、及びイオン濃度等が挙げられ

50

る。

【0003】

土壌中の水分に含まれるイオン濃度を測定することは、農作物育成のための養分状態を知る上で重要な指標となる。水溶液中のイオン濃度は電気伝導度（すなわち、その抵抗率の逆数）から特定することができる。この電気伝導度は水溶液中に一对の電極を接触させ、その間の電気抵抗を測定することにより得られる。

【0004】

特許文献1には、土壌中の水分に含まれるイオン濃度を特定することにより、土壌の水分状態を特定する技術が記載されている。また、特許文献1には、装置の表面（土壌に接触する表面）の絶縁膜を親水化処理する技術が記載されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開2011/158812号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記特許文献1に記載の技術では、装置の表面を親水化処理することにより、検知感度を向上させることができるが、半導体装置の製造方法としては改善の余地がある。

【0007】

本発明は、親水性の絶縁膜を備えた半導体装置の製造工程の簡略化を実現することができる半導体装置及び半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明の半導体装置の製造方法は、基板上に第1層間膜を形成する工程と、前記第1層間膜上に少なくとも一对の測定対象の水分状態計測用の内部電極を形成する工程と、前記第1層間膜及び前記内部電極上に第2層間膜を形成する工程と、前記第2層間膜上に疎水性の第1絶縁膜を形成する工程と、前記第1絶縁膜上に親水性の第2絶縁膜を形成する工程と、前記第2層間膜、第1絶縁膜、及び前記第2絶縁膜を貫通して前記内部電極に達するトレンチを形成する工程と、前記トレンチの内部から前記トレンチの開口部周囲の前記第2絶縁膜の表面にわたって少なくとも一对の外部電極を形成する工程と、を備えた測定対象の水分状態計測用センサの機能を有する半導体装置の製造方法である。

30

また、上記目的を達成するために、本発明の半導体装置の製造方法は、基板上における一对の外部電極が形成される領域間にソース領域及びドレイン領域を形成する工程と、前記ソース領域及び前記ドレイン領域が形成された前記基板上にpH感応膜を形成する工程と、前記pH感応膜上に第1層間膜を形成する工程と、前記第1層間膜上に少なくとも一对の内部電極を形成するとともに、前記ソース領域上及び前記ドレイン領域上にpHセンサ用内部電極を形成する工程と、前記第1層間膜及び前記内部電極上に第2層間膜を形成する工程と、前記第2層間膜上に疎水性の第1絶縁膜を形成する工程と、前記第1絶縁膜上に親水性の第2絶縁膜を形成する工程と、前記ソース領域と前記ドレイン領域との間に前記第1層間膜、前記第2層間膜、前記第1絶縁膜、及び前記第2絶縁膜を貫通し、前記pH感応膜に達するpHセンサ用トレンチを形成する工程と、前記第2層間膜、第1絶縁膜、及び前記第2絶縁膜を貫通して前記内部電極に達するトレンチを形成する工程と、前記トレンチの内部から前記トレンチの開口部周囲の前記第2絶縁膜の表面にわたって少なくとも前記一对の外部電極を形成する工程と、を備えた半導体装置の製造方法である。

40

【0009】

また、本発明の半導体装置は、基板上に形成された第1層間膜と、前記第1層間膜上に形成された少なくとも一对の測定対象の水分状態計測用の内部電極と、前記第1層間膜及び前記内部電極上に形成された第2層間膜と、前記第2層間膜上に形成された疎水性の第

50

1 絶縁膜と、前記第 1 絶縁膜上に形成された親水性の第 2 絶縁膜と、前記第 2 層間膜、第 1 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通して前記内部電極に達するトレンチの内部から前記トレンチの開口部周囲の前記第 2 絶縁膜の表面にわたって形成された少なくとも一対の外部電極と、を備えた測定対象の水分状態計測用センサの機能を有する半導体装置である。

また、本発明の半導体装置は、基板上に形成された第 1 層間膜と、前記第 1 層間膜上に形成された少なくとも一対の内部電極と、前記第 1 層間膜及び前記内部電極上に形成された第 2 層間膜と、前記第 2 層間膜上に形成された疎水性の第 1 絶縁膜と、前記第 1 絶縁膜上に形成された親水性の第 2 絶縁膜と、前記第 2 層間膜、第 1 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通して前記内部電極に達するトレンチの内部から前記トレンチの開口部周囲の前記第 2 絶縁膜の表面にわたって形成された少なくとも一対の外部電極と、前記基板上的前記一対の外部電極が形成される領域間に形成されたソース領域及びドレイン領域と、前記ソース領域及び前記ドレイン領域が形成された前記基板の上に形成された pH 感応膜と、前記ソース領域上及び前記ドレイン領域上に形成された pH センサ用内部電極と、前記ソース領域と前記ドレイン領域との間の前記 pH 感応膜上に形成されている前記第 1 層間膜、前記第 2 層間膜、前記第 1 絶縁膜、及び前記第 2 絶縁膜を貫通し、前記 pH 感応膜に達する pH センサ用トレンチと、を備えた半導体装置である。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、親水性の絶縁膜を備えた半導体装置の製造工程の簡略化を実現することができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】第 1 実施形態の半導体装置の概略構成図（断面図）である。

【図 2】第 1 実施形態の半導体装置の製造方法を説明する図である。

【図 3】第 1 実施形態の半導体装置及び比較例の半導体装置により土壤中の水分を測定した実験結果を示すグラフである。

【図 4 A】第 1 実施形態の半導体装置の表面における自由水の挙動を説明する図である。

【図 4 B】従来の半導体装置の表面における自由水の挙動を説明する図である。

【図 5】第 2 実施形態の半導体装置の概略構成図（断面図及び平面図）である。

【図 6】第 2 実施形態の半導体装置の製造方法の第 1 ~ 第 4 工程を説明する図である。

【図 7】第 2 実施形態の半導体装置の製造方法の第 5 ~ 第 8 工程を説明する図である。

【図 8】第 2 実施形態の半導体装置の製造方法の第 9 ~ 第 12 工程を説明する図である。

【図 9】第 2 実施形態の半導体装置の製造方法の第 13 ~ 第 15 工程を説明する図である。

【図 10】第 2 絶縁膜の表面にコンタクトホールを形成した場合の第 2 実施形態の半導体装置の概略構成図（断面図及び平面図）である。

【図 11】第 2 絶縁膜の表面にトレンチを形成した場合の第 2 実施形態の半導体装置の概略構成図（断面図及び平面図）である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下では、図面を参照して、実施形態を詳細に説明する。なお、以下の説明において「厚さ」とは、半導体装置 10 の積層方向の厚さのことをいう。また、「大きさ」とは、基板の表面（積層方向と交差する面）を覆う面積の大きさのことをいう。

【0013】

[第 1 実施形態]

まず、本実施形態の半導体装置の構成について説明する。図 1 には、本実施形態の半導体装置 10 の概略構成図（断面図）を示す。本実施形態の半導体装置 10 は、EC (Electric Conductivity) センサの機能を有する。

【0014】

図 1 に示すように本実施形態の半導体装置 10 は、基板 20、第 1 層間膜 22、一対の

10

20

30

40

50

第2層間膜24、第1絶縁膜26、第2絶縁膜28、内部電極30、及び外部電極33を備える。

【0015】

本実施形態では基板20には、シリコン(Si)製の基板を用いている。基板20上には、第1層間膜22が形成されている。第1層間膜22の例としては、一般的な層間絶縁膜等が挙げられ、具体例としては、酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)を材料とした絶縁膜が挙げられる。

【0016】

第1層間膜22上には、ECセンサ用の電極として機能する一对の内部電極30が形成されている。内部電極30の材料は、用途や目的等に応じて適宜選択可能であり、具体例としては、アルミ(Al)が挙げられる。内部電極30の大きさは、基板20の大きさに応じて定められる。また、一对の内部電極30間の距離は、基板20の大きさが半導体装置10の測定対象の環境(例えば、土壤の粒子の大きさ)等に応じて定められる。一方、内部電極30の厚さの具体例としては、400nmが挙げられる。

10

【0017】

なお、本実施形態の半導体装置10は、一对の内部電極30を1つ備えているが、一对の内部電極30を複数備えていてもよい。

【0018】

なお、図示を省略したが、半導体装置10の表面(第2絶縁膜28が設けられた面)には、内部電極30と配線を介して外部の装置等を接続するための測定パッドが設けられている。この測定パッドは、第2絶縁膜28と第1絶縁膜26と第2層間膜24を取り除き、内部電極30を露出させることで形成する。

20

【0019】

第1層間膜22及び内部電極30の上には、第2層間膜24が形成されている。第2層間膜24は、第1層間膜22と同じ材料であることが好ましく、具体例としては、第1層間膜22と同様に、酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)を材料とした絶縁膜が挙げられる。第2層間膜24の厚さの具体例としては、1100nmが挙げられる。第2層間膜24の表面はCMP(Chemical Mechanical Polishing)法等により平坦化されている。このように第2層間膜24の表面が平坦化されることにより、半導体装置10の表面(具体的には、第2絶縁膜28の表面)が平坦化されるため、測定対象(土壤等)との接触性が向上するため好ましい。

30

【0020】

第2層間膜24の上には、疎水性の第1絶縁膜26が形成されている。第1絶縁膜26は、半導体装置10の表面を保護するためのパッシベーション膜として機能する。第1絶縁膜26の具体例としては、窒化珪素(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)を材料とした絶縁膜が挙げられる。第1絶縁膜26の厚さの具体例としては、600nmが挙げられる。

【0021】

第1絶縁膜26の上には、親水性の第2絶縁膜28が形成されている。第2絶縁膜28は、半導体装置10の表面を保護するためのパッシベーション膜としての機能を有し、また、半導体装置10の外部電極33が設けられた側の表面に、測定対象の溶液をなじみやすくする機能を有する。第2絶縁膜28の具体例としては、酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)を材料とした絶縁膜が挙げられる。第2絶縁膜28の厚さの具体例としては、200nmが挙げられる。

40

【0022】

内部電極30の上には、第2層間膜24、第1絶縁膜26、および第2絶縁膜28を貫通するトレンチ36が形成されている。また、トレンチ36の底部及び内壁部を覆い、さらにトレンチ36の開口部周囲の第2絶縁膜28を覆うように外部電極33が形成されている。トレンチ36の大きさ(第1絶縁膜26等の開口部)は内部電極30よりも小さい。上記具体例のように内部電極30の幅(一对の内部電極30及び外部電極33が並ぶ方向、図1の横方向)L1の長さが900μmの場合、トレンチ36(第1絶縁膜26等

50

の開口部)の幅L2の長さとしては800 μmが具体例として挙げられる。

【0023】

本実施形態の外部電極33は、トレンチ36の内部からトレンチ36の開口部周囲の第2絶縁膜28の表面にわたって形成されている。外部電極33の幅L3は、トレンチ36の幅L2よりも長く、本実施形態では、具体例として内部電極30の幅L1と同一としている。なお、本実施形態で「同一」とは、誤差も含み、同一と見なせることをいう。

【0024】

外部電極33は、第1外部電極層32及び第2外部電極層34を備える。第1外部電極層32は、第2外部電極層34の下側に、内部電極30、第2層間膜24、第1絶縁膜26、及び第2絶縁膜28と接触する位置に形成されている。第1外部電極層32は、外部電極33と、内部電極30、第2層間膜24、第1絶縁膜26、及び第2絶縁膜28との密着性を向上させる機能を有する。第2外部電極層34の材質にもよるが、第1外部電極層32の具体例としては、チタン(Ti)が挙げられる。第1外部電極層32の厚さの具体例としては、20nmが挙げられる。

10

【0025】

一方、第2外部電極層34は、半導体装置10の測定対象の分散系(溶液)に対して科学的に安定な材料が好ましく、本実施形態では具体例として白金(Pt)を用いている。なお、第2外部電極層34のその他の材質としては、金(Au)等の貴金属、貴金属の合金、及び炭素(C)等が挙げられる。第2外部電極層34の厚さの具体例としては、100nmが挙げられる。

20

【0026】

次に、本実施形態の半導体装置10の製造方法の一例について説明する。

【0027】

図2には、本実施形態の半導体装置10の製造方法の一例を説明する図を示す。

【0028】

本実施形態の半導体装置10の製造方法では、まず、図2の第1工程に示すように、基板20上に第1層間膜22を成膜する。第1層間膜22の成膜方法の具体例としては、CVD(Chemical Vapor Deposition)法が挙げられる。

【0029】

次に、第2工程では、第1層間膜22上に一对の内部電極30及び上述した測定パッドを形成する。なお、内部電極30及び測定パッドの形成方法の具体例としては、第1層間膜22上にA1をスパッタ法により成膜し、その後、内部電極30及び測定パッドに応じたレイアウトのマスクを用いてホトリソ及びエッチングを行いパターンニングする方法が挙げられる。

30

【0030】

次に、第3工程では、第1層間膜22上に第2層間膜24を成膜する。第2層間膜24の成膜方法の具体例としては、HP-CVD(High Density Plasma CVD)法が挙げられる。また、第2層間膜24を成膜後、表面をCMP法により平坦化する。

【0031】

さらに、第3工程では、第2層間膜24上に第1絶縁膜26を形成する。第1絶縁膜26の成膜方法の具体例としては、CVD法が挙げられる。

40

【0032】

次に、第4工程では、第1絶縁膜26上に第2絶縁膜28を成膜する。第2絶縁膜28の成膜方法の具体例としては、CVD法が挙げられる。

【0033】

次に、第5工程では、第2層間膜24、第1絶縁膜26、及び第2絶縁膜28を貫通して内部電極30に達するトレンチ36を形成する。トレンチ36の形成方法の具体例としては、トレンチ36及び上述した測定パッドの大きさに合わせたマスクを用いてホトリソ及びエッチングを行う方法が挙げられる。

【0034】

50

次に、第6工程では、第2絶縁膜28上に、レジスト40を形成する。レジスト40の形成方法の具体例としては、外部電極33を形成する領域のみが開口されるマスクを用いてレジスト40のパターニングを行う方法が挙げられる。

【0035】

次に、第7工程では、まず、外部電極33の第1外部電極層32を形成するための第1外部電極膜32Aを形成し、その上に第2外部電極層34を形成するための第2外部電極膜34Aを形成する。第1外部電極膜32A及び第2外部電極膜34Aの成膜方法の具体例としては、スパッタ法が挙げられる。

【0036】

次に、第8工程では、レジスト40を除去する。レジスト40の除去方法の具体例としては、有機溶剤が挙げられる。レジスト40を除去する際に、レジスト40が有機溶剤に溶解出すことで第1外部電極層32及び第2外部電極層34がリフトオフし、図2の第8工程(図1と同一)に示すように、外部電極33が形成される。

【0037】

本実施形態では、このように図2に示した第1～第8工程により、図1に示した半導体装置10が製造される。

【0038】

本実施形態の半導体装置10をECセンサとして用いて分散系の一例である土壌中の水分を測定する実験を行った。図3には、本実施形態の半導体装置10及び比較例の半導体装置(ECセンサ)により土壌中の水分を測定した実験結果を示す。比較例の半導体装置は、外部電極33が露出する、すなわち、土壌と接触する半導体装置の表面が疎水性の絶縁膜である半導体装置を用いた。具体例としては、本実施形態の第2絶縁膜28が設けられておらず、表面が第1絶縁膜26の半導体装置が挙げられる。

【0039】

図3は、横軸が時間を表し、下段のグラフの縦軸が土壌に降り注いだ降水量及び上段のグラフの縦軸が半導体装置10及び比較例の半導体装置の出力を表している。図3に示した実験結果から、降雨があった後の半導体装置10の出力値のほうが、比較例の半導体装置の出力値よりも大きいことがわかる。これは、本実施形態の半導体装置10のほうが比較例の半導体装置よりも測定感度が高いことを表している。

【0040】

自由水の土壌中水分は、平面ではなく、アイランド状に存在(点在)していると考えられる。図4Aに示すように、本実施形態の半導体装置10では、表面が親水性の第2絶縁膜28( $\text{SiO}_2$ 膜)であるため、第2絶縁膜28の表面に存在する水粒子が多くなる。

【0041】

一方、図4Bに示すように比較例の半導体装置では、表面が疎水性の $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜であるため $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜の表面に存在する水粒子が少なくなり、空気が多くなる。その結果、比較例の半導体装置では、図4Bに示すように $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜の表面に空気ポケットが存在する。

【0042】

また、従来 of 半導体装置を垂直に立たせた場合、半導体装置の表面の保水性が小さい(疎水性である)と本実施形態の半導体装置10に比べて半導体装置の表面に水が留まらず、空気が多くなってしまう。

【0043】

従って、上記図3に示したように、本実施形態の半導体装置10のほうが、比較例の半導体装置に比べて測定感度が向上する。

【0044】

なお、本実施形態の半導体装置10をECセンサとして用いて分散系の一例である土壌中の水分量を特定する方法は特に限定されない。一例として、電気信号の位相変化を検出することにより水分量を特定する方法について説明する。

【0045】

10

20

30

40

50

半導体装置 10 の出力は、水分量及びイオン濃度に比例し、イオン濃度が特定されれば、EC（電気伝導度）により土壤中の水分量を特定できる。

【0046】

まず、半導体装置 10 の外部電極 33（より具体的には第 2 外部電極層 34）を測定対象の土壤に接触させる。測定を行う場合、外部電極 33 の一方に所定の任意の周波数の交流電気信号を印加し、その位相と他方の外部電極 33 から出力される電気信号の位相とを比較する。比較結果の具体例としては、両者の位相差（位相変化）を検出することが挙げられる。位相変化を検出した場合、検出した位相変化によりイオン濃度を特定する。なお、位相変化と、イオン濃度とは予め対応付けられている。さらに、特定されたイオン濃度を基準にして、測定された EC より土壤の水分量を特定することができる。なお、本実施形態の半導体装置 10 では、時分割方式で外部電極 33 を用いて位相変化を検出することができるため、位相変化の検出用の電極（例えば、従来技術（国際公開 2011/158812 号）の半導体装置における移動測定用の電極）を設けずとも、EC を測定することができる。

10

【0047】

なお、その他の方法としては、2 点間の電磁波の伝播速度から、その間の水分量を求める TDR（Time Domain Reflectometry）法（例えば、特開平 10 - 62368 号公報参照）や、土壤の静電容量を測定する方法（例えば、特開 2001 - 21517 号公報参照）等が挙げられる。

【0048】

以上説明したように本実施形態の半導体装置 10 は、基板 20 上に形成された第 1 層間膜 22 と、第 1 層間膜 22 上に形成された少なくとも一对の内部電極 30 と、第 1 層間膜 22 及び内部電極 30 上に形成された第 2 層間膜 24 と、第 2 層間膜 24 上に形成された疎水性の第 1 絶縁膜 26 と、第 1 絶縁膜 26 上に形成された親水性の第 2 絶縁膜 28 と、第 2 層間膜 24、第 1 絶縁膜 26、及び第 2 絶縁膜 28 を貫通して内部電極 30 に達するトレンチ 36 の内部からトレンチ 36 の開口部周囲の第 2 絶縁膜 28 の表面にわたって形成された少なくとも一对の外部電極 33 と、を備える。

20

【0049】

また、本実施形態の半導体装置 10 の製造方法の第 1 工程では、基板 20 上に第 1 層間膜 22 を形成する。第 2 工程では、第 1 層間膜 22 上に少なくとも一对の内部電極 30 を形成する。第 3 工程では、第 1 層間膜 22 及び内部電極 30 上に第 2 層間膜 24 を形成し、さらに第 2 層間膜 24 上に疎水性の第 1 絶縁膜 26 を形成する。第 4 工程では、第 1 絶縁膜 26 上に親水性の第 2 絶縁膜 28 を形成する。第 5 工程では、第 2 層間膜 24、第 1 絶縁膜 26、及び第 2 絶縁膜 28 を貫通して内部電極 30 に達するトレンチ 36 を形成する。第 6～第 8 工程では、トレンチ 36 の内部からトレンチ 36 の開口部周囲の第 2 絶縁膜 28 の表面にわたって少なくとも一对の外部電極 33 を形成する。

30

【0050】

本実施形態の半導体装置 10 の製造方法では、第 1 絶縁膜 26 及び第 2 絶縁膜 28 を形成した後に外部電極 33 を形成している。一方、従来技術（国際公開 2011/158812 号）の半導体装置では、外部電極 33 に相当する電極を形成した後に、第 1 絶縁膜 26 に相当する疎水性の絶縁膜や第 2 絶縁膜 28 に相当する親水性の絶縁膜を形成している。従来技術の場合、外部電極 33 の上部領域に対応する第 1 絶縁膜 26 や第 2 絶縁膜 28 を除去するために、ホトリソ及びエッチング等を行う必要がある。これに対して、本実施形態の半導体装置 10 の製造方法では、第 1 絶縁膜 26 及び第 2 絶縁膜 28 を形成した後に、内部電極 30 を形成しているため、従来技術では必要である第 1 絶縁膜 26 及び第 2 絶縁膜 28 を除去する工程を要さない。

40

【0051】

従って、本実施形態の半導体装置 10 の製造方法によれば、親水性の第 2 絶縁膜 28 を備えた半導体装置 10 の製造工程の簡略化を実現することができる。

【0052】

50

## [ 第 2 実施形態 ]

本実施形態の半導体装置 10 は、いわゆるマルチモーダルセンサであり、第 1 実施形態の半導体装置 10 と同様に EC センサの機能を備えるとともに、pH センサの機能を備える。

## 【 0053 】

まず、本実施形態の半導体装置の構成について説明する。図 5 には、本実施形態の半導体装置 10 の概略構成図を示す。なお、図 5 には、A - A 断面図及び、外部電極 33 が形成されている側からみた平面図を示す。本実施形態の半導体装置 10 は、EC (Electric Conductivity) センサとして機能する EC センサ部 1、及び pH センサとして機能する pH センサ部 2 を備える。

10

## 【 0054 】

図 5 に示すように、pH センサ部 2 は、EC センサ部 1 が設けられた領域内に設けられている。具体的には、EC センサ部 1 の一对の外部電極 33 の間に pH センサ部 2 が設けられている。

## 【 0055 】

なお、本実施形態の半導体装置 10 の EC センサ部 1 は、上記第 1 実施形態の半導体装置 10 と同様であるため、同様の構成については、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

## 【 0056 】

図 5 に示すように本実施形態の半導体装置 10 では、pH センサ部 2 を形成するため、第 1 実施形態の半導体装置 10 の構成に、測定パッド 30D、不純物拡散層 50、ソース/ドレイン領域 52、LOCOS (Local Oxidation of Silicon) 膜 54、pH 感応膜 56、コンタクトホール 58、pH センサ用の内部電極 30B、pH センサ用のトレンチ 60 がさらに追加されている。

20

## 【 0057 】

LOCOS 膜 54 は、pH センサ部 2 に応じて素子分離のために設けられている。不純物拡散層 50 は、pH センサ部 2 が所望の特性となるように閾値制御用の不純物が拡散された層である。例えば、基板 20 が n 型のシリコン基板の場合、不純物拡散層 50 には、p 型の不純物が拡散されている。

## 【 0058 】

一对のソース/ドレイン領域 52 のうち、任意のいずれか一方がソース領域として機能し、他方がドレイン領域として機能する。ソース/ドレイン領域 52 同士間の距離 (一方のソース/ドレイン領域 52 のトレンチ 60 に近い方の端部から他方のソース/ドレイン領域 52 のトレンチ 60 に近い方の端部までの間隔) の具体例としては、40  $\mu\text{m}$  が挙げられる。

30

## 【 0059 】

pH 感応膜 56 の具体例としては、酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ ) 膜、窒化珪素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 膜、酸化タンタル ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ) 膜、及び酸化アルミ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 膜等が挙げられる。pH 感応膜 56 の厚さの具体例としては、100 nm が挙げられる。なお、本実施形態の半導体装置 10 では、図 5 に示すように、半導体装置 10 の表面全体にわたって外部電極 33 の下層の領域にも pH 感応膜 56 が設けられているが、pH 感応膜 56 は、少なくとも pH センサ部 2 に設けられていればよい。なお、pH 感応膜 56 を半導体装置 10 の表面全体にわたって設ける場合、pH 感応膜 56 をパターニングする工程が省略できるため製造工程の簡略化の観点から好ましい。

40

## 【 0060 】

ソース/ドレイン領域 52 上には、第 1 層間膜 22 を貫通し、pH 感応膜 56 に達するコンタクトホール 58 が設けられている。コンタクトホール 58 の内部には、タングステン (W) が成膜されている。コンタクトホール 58 の幅 L4 の具体例としては、0.5  $\mu\text{m}$  が挙げられる。

## 【 0061 】

50

第1層間膜22上のコンタクトホール58が設けられた領域上にpHセンサ用の内部電極30Bが形成されている。内部電極30Bの幅L5の具体例としては、20μmが挙げられる。

【0062】

なお、図5に示した本実施形態の半導体装置10の内部電極30Aは、第1実施形態の半導体装置10の内部電極30に対応しており、ECセンサ用の内部電極である。内部電極30Aは、ECセンサ用の内部電極30Bと同様の材料で形成される。また、内部電極30Aと内部電極30Bとは、同一の工程において、即ち同じタイミングで形成される(図7、第7工程参照)。また、内部電極30Aは、配線31A(図7、第7工程の平面図参照)を介して測定パッド30Cに接続されており、内部電極30Bは、配線31B(図7、第7工程の平面図参照)を介して測定パッド30Dに接続されている。

10

【0063】

トレンチ60は、ソース/ドレイン領域52の間に設けられており、第1層間膜22、第2層間膜24、第1絶縁膜26、及び第2絶縁膜28を貫通し、pH感応膜56に達している。トレンチ60の開口部の大きさの具体例は、幅L6として44μm、及び幅と交差する方向の長さとして400μmが挙げられる。本実施形態のpHセンサ部2は、トレンチ60内部に入り込んでpH感応膜56に接触した測定対象のpHを測定する。従って、トレンチ60の開口部の大きさがpHセンサ部2の大きさに該当する。なお、pHセンサ部2を上記具体例とした場合、ECセンサ部1の第2外部電極層34の幅L3の具体例は第1実施形態で具体例として示したのと同様に900μmであり、幅と交差する方向の長さとしては3900μmが挙げられる。

20

【0064】

次に、本実施形態の半導体装置10の製造方法の一例について説明する。

【0065】

本実施形態の半導体装置10の製造方法の一例のうち、図6には、第1~第4工程を示す。また、図7には、第5~第8工程を示す。また、図8には、第9~第12工程を示す。さらに、図9には、第13~第15工程を示す。

【0066】

本実施形態の半導体装置10の製造方法では、まず、図6の第1工程に示すように、pHセンサ部2に応じて基板20上にLOCOS膜54を形成する。

30

【0067】

次に、図6の第2工程に示すように、LOCOS膜54同士の間、不純物拡散層50を形成する。不純物拡散層50の形成方法の具体例としては、イオンインプラ及び熱処理が挙げられる。

【0068】

次に、図6の第3工程に示すように、基板20(不純物拡散層50)の表面のLOCOS膜54同士の間、ソース/ドレイン領域52を形成する。ソース/ドレイン領域52の形成方法の具体例としては、イオンインプラ及び熱処理が挙げられる。

【0069】

次に、図6の第4工程に示すように、基板20の表面全体にわたり、すなわち、不純物拡散層50、ソース/ドレイン領域52、及びLOCOS膜54上にpH感応膜56を形成する。pH感応膜56の形成方法の具体例としては、pH感応膜56が、SiO<sub>2</sub>膜、または窒化珪素Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜の場合はCVD法が挙げられ、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜またはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜の場合は、CVD法もしくはスパッタ法が挙げられる。

40

【0070】

次に、図7の第5工程に示すように、pH感応膜56上に第1層間膜22を形成する。第1層間膜22の形成方法は、第1実施形態の半導体装置10の製造方法の第1工程(図2参照)と同様にすればよい。

【0071】

さらに、本実施形態の半導体装置10の製造方法の第5工程では、ソース/ドレイン領

50

域 5 2 上に、第 1 層間膜 2 2 を貫通して pH 感応膜 5 6 に達するコンタクトホール 5 8 を形成する。コンタクトホール 5 8 の形成方法の具体例としては、ホトリソ及びエッチングが挙げられる。

【 0 0 7 2 】

次に図 7 の第 6 工程に示すように、コンタクトホール 5 8 の内部にタングステンを成膜し、エッチバックによりコンタクトホール 5 8 の内部のみにタングステンが成膜された状態とする。

【 0 0 7 3 】

次に、図 7 の第 7 工程に示すように、第 1 層間膜 2 2 上に、EC センサ用の内部電極 3 0 A、pH センサ用の内部電極 3 0 B、測定パッド 3 0 C、及び測定パッド 3 0 D を形成する。内部電極 3 0 A、内部電極 3 0 B、測定パッド 3 0 C、及び測定パッド 3 0 D の形成方法は、第 1 実施形態の第 2 工程で内部電極 3 0 及び測定パッドを形成した方法と同様にすればよい。

10

【 0 0 7 4 】

なお、図 7 の平面図に示すように内部電極 3 0 A と測定パッド 3 0 C とは、配線 3 1 A により接続されている。また、内部電極 3 0 B と測定パッド 3 0 D とは、配線 3 1 B により接続されている。

【 0 0 7 5 】

次に、図 7 の第 8 工程に示すように、第 1 層間膜 2 2 に第 2 層間膜 2 4 を成膜する。第 2 層間膜 2 4 の成膜方法は、第 1 実施形態の第 3 工程で第 2 層間膜 2 4 を成膜した方法と同様にすればよい。

20

【 0 0 7 6 】

次に、図 8 の第 9 工程に示すように、第 2 層間膜 2 4 上に第 1 絶縁膜 2 6 を形成する。第 1 絶縁膜 2 6 の形成方法は、第 1 実施形態の第 3 工程で第 1 絶縁膜 2 6 を形成した方法と同様にすればよい。

【 0 0 7 7 】

次に、図 8 の第 1 0 工程に示すように、第 1 絶縁膜 2 6 上に第 2 絶縁膜 2 8 を成膜する。第 2 絶縁膜 2 8 の成膜方法は、第 1 実施形態の第 4 工程で第 2 絶縁膜 2 8 を成膜した方法と同様にすればよい。

【 0 0 7 8 】

次に、図 8 の第 1 1 工程に示すように、第 1 層間膜 2 2、第 2 層間膜 2 4、第 1 絶縁膜 2 6、及び第 2 絶縁膜 2 8 を貫通して pH 感応膜 5 6 に達するトレンチ 6 0 を、ソース/ドレイン領域 5 2 同士の間形成する。トレンチ 6 0 の形成方法の具体例としては、トレンチ 6 0 の開口部の大きさに応じたマスクを用いてホトリソ及びエッチングを行う方法が挙げられる。

30

【 0 0 7 9 】

次に、図 8 の第 1 2 工程に示すように、第 2 層間膜 2 4、第 1 絶縁膜 2 6、及び第 2 絶縁膜 2 8 を貫通して内部電極 3 0 A に達するトレンチ 3 6 を形成する。トレンチ 3 6 の形成方法は、第 1 実施形態の第 5 工程でトレンチ 3 6 を形成した方法と同様にすればよい。

【 0 0 8 0 】

次に、図 9 の第 1 3 工程に示すように、第 2 絶縁膜 2 8 上にレジスト 4 0 を形成する。レジスト 4 0 の形成方法は、第 1 実施形態の第 6 工程でレジスト 4 0 を形成した方法と同様にすればよい。

40

【 0 0 8 1 】

次に、図 9 の第 1 4 工程に示すように、第 1 外部電極膜 3 2 A 及び第 2 外部電極膜 3 4 A を形成する。第 1 外部電極膜 3 2 A 及び第 2 外部電極膜 3 4 A の形成方法は、第 1 実施形態の第 7 工程で第 1 外部電極膜 3 2 A 及び第 2 外部電極膜 3 4 A を形成した方法と同様にすればよい。

【 0 0 8 2 】

次に、図 9 の第 1 5 工程に示すように、レジスト 4 0 を除去する。レジスト 4 0 の除去

50

方法は、第1実施形態の第8工程でレジスト40を除去した除去方法と同様にすればよい。

【0083】

本実施形態では、このように図6～9に示した第1～第15工程により、図5に示したECセンサ部1及びpHセンサ部2を備えた半導体装置10が製造される。

【0084】

本実施形態の半導体装置10を用いて測定対象のECを測定する方法は、第1実施形態の半導体装置10と同様に行えばよい。また、測定対象のpHを測定する方法は、半導体装置10とは別または半導体装置10上に参照電極を設け、測定対象の水素イオン濃度に応じて当該参照電極とpH感応膜56との間の電圧が変わり、ソース/ドレイン領域52に流れる電流が変化するので、その変化を電圧変化に変換して検出することによりpHを測定することができる。

10

【0085】

なお、本実施形態の半導体装置10の第2絶縁膜28の表面に、コンタクトホールやトレンチを形成してもよい。図10には、第2絶縁膜28の表面にコンタクトホール80が形成された半導体装置10の概略構成図を示す。また、図11には、第2絶縁膜28の表面にトレンチ82が形成された半導体装置10の概略図を示す。

【0086】

図10に示すようにコンタクトホール80の深さは、第1絶縁膜26に達しておらず、具体例としては、第2絶縁膜28の厚さの半分程度が挙げられる。また、図10に示した半導体装置10では、具体例としてコンタクトホール80の直径(幅)L7と、コンタクトホール80同士の間隔L8とを同一(より具体的には、 $L7 = L8 = 0.2 \mu m$ )としている。なお、図10に示した半導体装置10では、第2絶縁膜28の表面に行列上に形成されたコンタクトホール80の中心位置が、各行及び各列で一致するように配置されているが、中心位置をずらして、千鳥状に配置してもよい。このようにコンタクトホール80を形成する位置配置、及び数等は図10に示したものに限らない。例えば、トレンチ60を取り囲むようにコンタクトホール80が設けられていてもよい。

20

【0087】

また、図11に示すようにトレンチ82の深さもコンタクトホール80と同様に第1絶縁膜26に達しておらず、具体例としては、第2絶縁膜28の厚さの半分程度が挙げられる。また、図11に示した半導体装置10では、具体例としてトレンチ82幅はコンタクトホール80の幅L7と同様であり、トレンチ82同士の間隔は、コンタクトホール80同士の間隔L8と同様である。なお、図11に示した半導体装置10では、pH感応膜56を挟んだ両側でトレンチ82が延びる方向を異ならせて両者が交差するように形成しているが、トレンチ82を形成する位置、方向、及び数等は特に限定されない。例えば、トレンチ60を取り囲むようにトレンチ82が設けられていてもよい。

30

【0088】

また、第2絶縁膜28の表面にコンタクトホール80及びトレンチ82の両方を形成してもよい。

【0089】

このようにコンタクトホール80及びトレンチ82の大きさ等については特に限定されない。また、コンタクトホール80及びトレンチ82のいずれを形成するかについても限定されない。コンタクトホール80及びトレンチ82の大きさ等やいずれを形成するかについては、測定対象に応じて定めることが好ましい。例えば、ナノスケールの凸凹(コンタクトホール80)を配置することにより、親水性の第2絶縁膜28の親水化がさらに向上する。なお、pHセンサ部2の周囲は疎水性にすることが好ましいため、pHセンサ部2(トレンチ60の開口部)の周囲には、コンタクトホール80やトレンチ82を設けないようにしてもよい。

40

【0090】

また、コンタクトホール80やトレンチ82は、第2絶縁膜28の表面の面積に対して

50

、50%程度以下であることが好ましい。

【0091】

なお、コンタクトホール80及びトレンチ82の形成方法は、上記本実施形態の第12工程または第15工程の後に、第2絶縁膜28の表面にホトリソ及びエッチングを行えばよい。

【0092】

図10及び図11に示した半導体装置10のように第2絶縁膜28の表面にコンタクトホール80やトレンチ82等の凹凸を設けることにより、測定対象の溶液の表面張力により、第2絶縁膜28の凹凸部分で溶液が引っかかりやすくなる。そのため、コンタクトホール80やトレンチ82等の凹凸が設けられていない場合に比べて、第2絶縁膜28の表面に溶液が留まりやすくなるため、ECセンサとしての検出感度が向上する。

10

【0093】

なお、第1実施形態の半導体装置10においても第2絶縁膜28上に、図10に示したコンタクトホール80や図11に示したトレンチ82と同様にコンタクトホールやトレンチ等の凹凸部を形成してもよい。

【0094】

以上説明したように、本実施形態の半導体装置10は、ECセンサ部1及びpHセンサ部2を備える。そのため、本実施形態の半導体装置10は、上記第1実施形態の半導体装置10(図1参照)の構成にさらに、pHセンサ用の内部電極30B不純物拡散層50、ソース/ドレイン領域52、LOCOS膜54、pH感応膜56、コンタクトホール58、及びトレンチ60を備える。

20

【0095】

また、本実施形態の半導体装置10の製造方法では、第1層間膜22を形成する前に、基板20上の一対の外部電極33が形成される領域間にソース/ドレイン領域52を形成する第1～第3工程、及びソース/ドレイン領域52が形成された基板20上にpH感応膜56を形成する第4工程を備える。また、第5工程では、pH感応膜56上に第1層間膜22を形成する。また、ECセンサ用の内部電極30Aを形成する第7工程では、内部電極30Aとともに、ソース/ドレイン領域52上にpHセンサ用の内部電極30Bをさらに形成する。そして、トレンチ36を形成する第12工程の前の第11工程では、ソース/ドレイン領域52同士の間には第1層間膜22、第2層間膜24、第1絶縁膜26膜、及び第2絶縁膜28を貫通し、pH感応膜56に達するpHセンサ用のトレンチ60を形成する。

30

【0096】

従って、本実施形態の半導体装置10の製造方法においても、第1実施形態の半導体装置10の製造方法と同様に、親水性の第2絶縁膜28を備えた半導体装置10の製造工程の簡略化を実現することができる。

【0097】

なお、その他の上記各実施の形態で説明した半導体装置10の構成、動作、及び測定方法等は一例であり、本発明の主旨を逸脱しない範囲内において状況に応じて変更可能であることはいうまでもない。

40

【符号の説明】

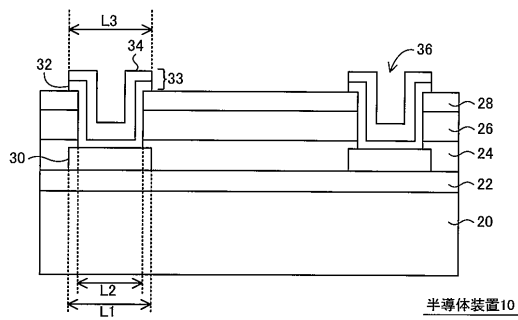
【0098】

- 1 ECセンサ部
- 2 pHセンサ部
- 10 半導体装置
- 20 基板
- 22 第1層間膜
- 24 第2層間膜
- 26 第1絶縁膜
- 28 第2絶縁膜

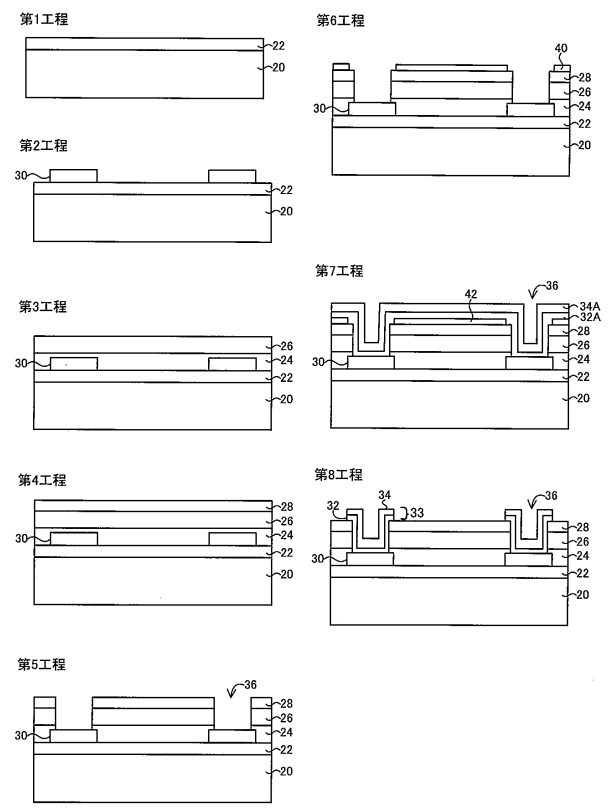
50

- 30 内部電極、30A ECセンサ用の内部電極、30B pHセンサ用の内部電極
- 32 第1外部電極層
- 33 外部電極
- 34 第2外部電極層
- 36 トレンチ
- 52 ソース/ドレイン領域
- 56 pH感応膜
- 60 トレンチ (pHセンサ用)
- 80 コンタクトホール
- 82 トレンチ

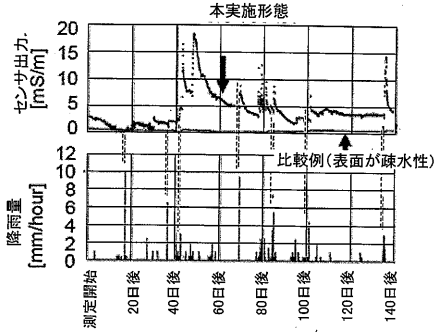
【図1】



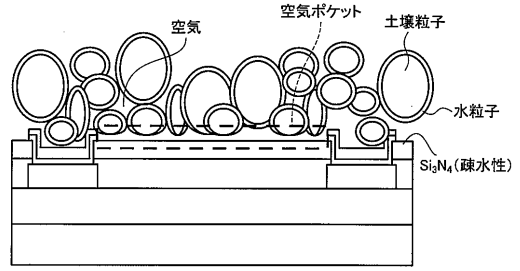
【図2】



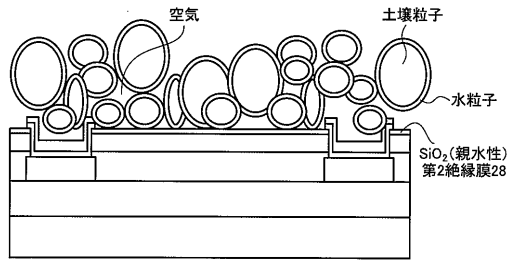
【図3】



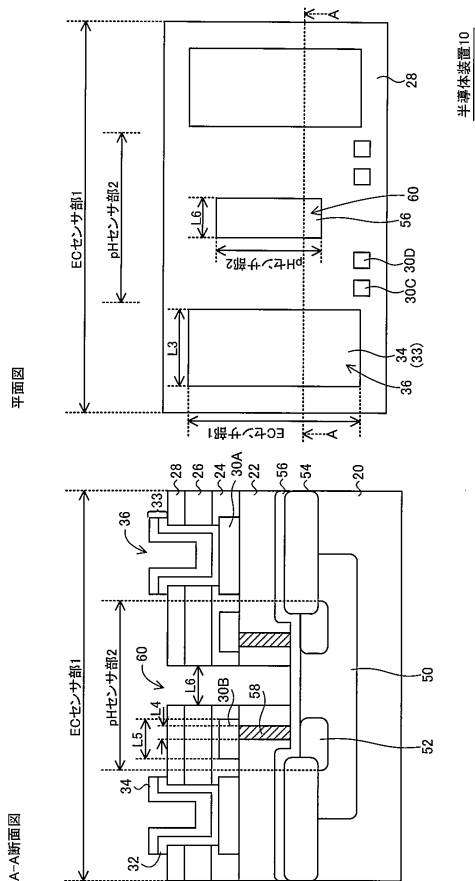
【図4B】



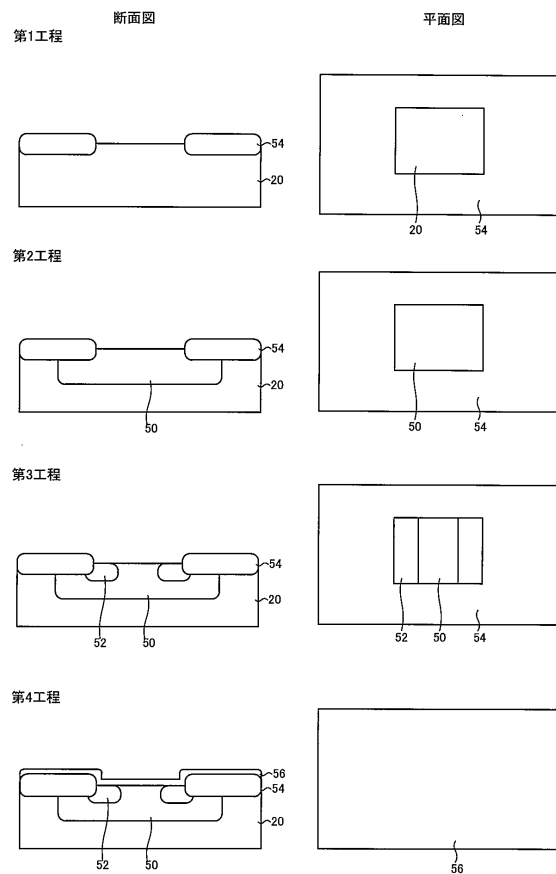
【図4A】



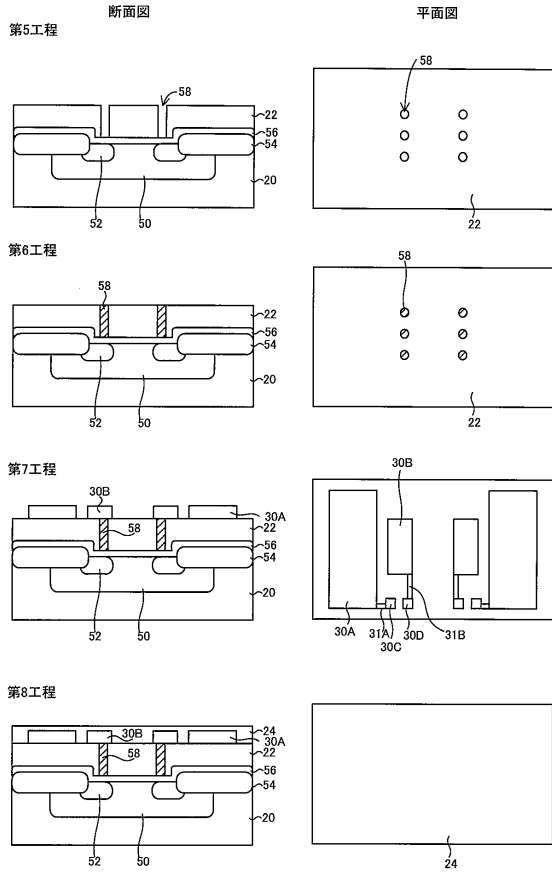
【図5】



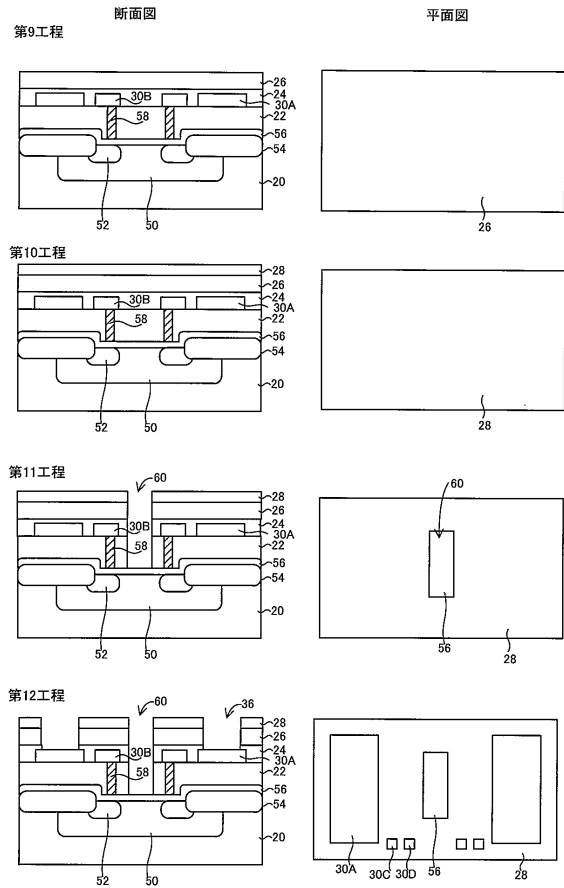
【図6】



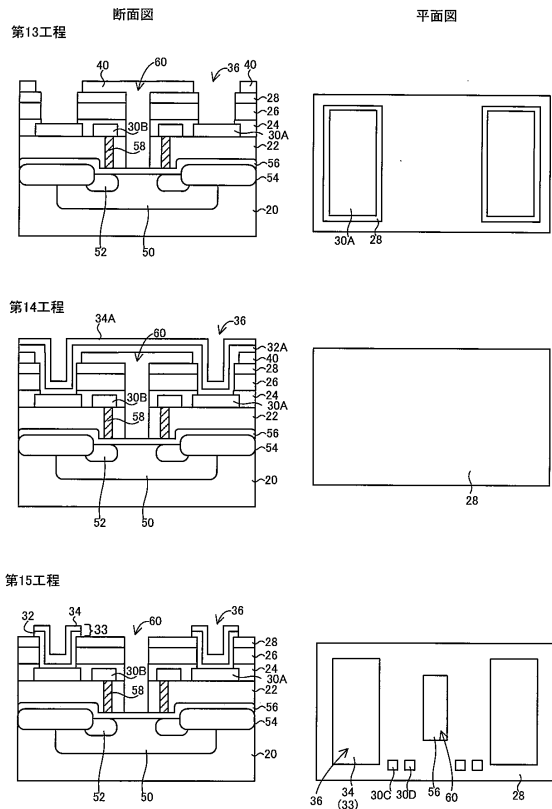
【図7】



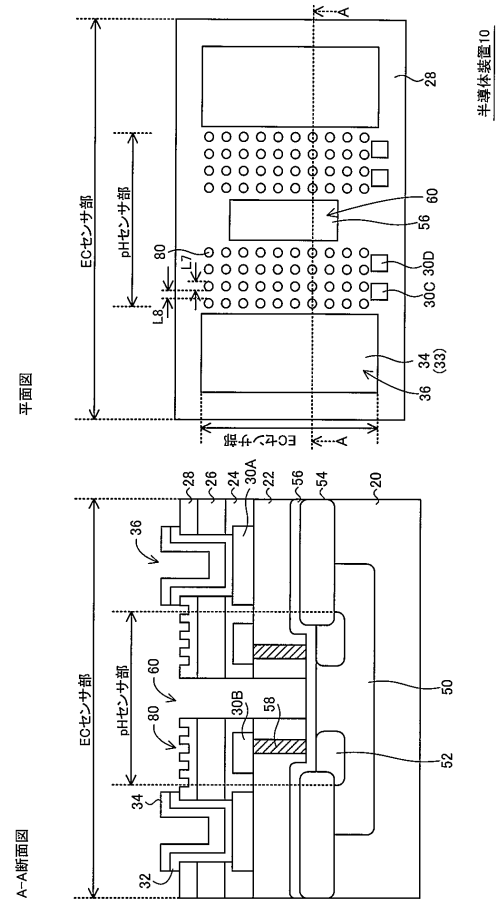
【図8】



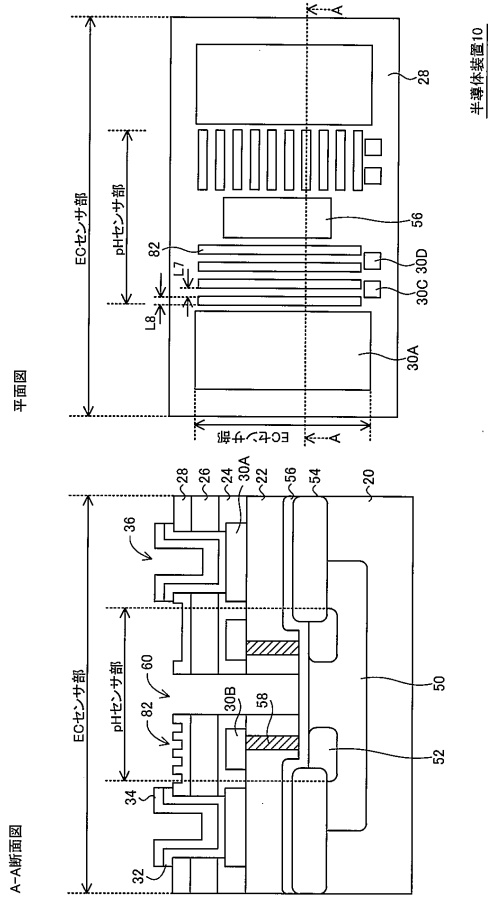
【図9】



【図10】



【図11】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
 G 0 1 N 27/04 (2006.01) G 0 1 N 27/04 Z

(72)発明者 草野 健一郎  
 宮城県黒川郡大衡村沖の平1番 ラピスセミコンダクタ宮城株式会社内

(72)発明者 二川 雅登  
 静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立大学法人静岡大学大学院総合科学技術研究科工学専攻内

審査官 鈴木 聡一郎

(56)参考文献 国際公開第2012/133103(WO, A1)  
 特開2007-095913(JP, A)  
 特開2005-072573(JP, A)  
 特開2002-162646(JP, A)  
 特開2013-172090(JP, A)  
 特開2013-191674(JP, A)  
 特開昭62-083641(JP, A)  
 特開平09-330934(JP, A)  
 特開2003-068848(JP, A)  
 特開2003-243462(JP, A)  
 特開2005-302808(JP, A)  
 特表2005-530348(JP, A)  
 特開2007-024603(JP, A)  
 特開2009-300272(JP, A)  
 特開2012-047536(JP, A)  
 特開2013-004605(JP, A)  
 特開2014-167445(JP, A)  
 国際公開第2009/011164(WO, A1)  
 国際公開第2011/040244(WO, A1)  
 国際公開第2011/158812(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 2 1 / 3 2 0 5  
 G 0 1 N 2 7 / 0 0  
 G 0 1 N 2 7 / 0 4  
 H 0 1 L 2 1 / 7 6 8  
 H 0 1 L 2 3 / 5 2 2  
 H 0 1 L 2 3 / 5 3 2