

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5824012号
(P5824012)

(45) 発行日 平成27年11月25日(2015.11.25)

(24) 登録日 平成27年10月16日(2015.10.16)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 N 27/414	(2006.01)	GO 1 N	27/30	3 O 1 V	
GO 1 N 27/30	(2006.01)	GO 1 N	27/30	B	
		GO 1 N	27/30	3 O 1 U	

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-169201 (P2013-169201)	(73) 特許権者	504157024
(22) 出願日	平成25年8月16日 (2013. 8. 16)		国立大学法人東北大学
(65) 公開番号	特開2015-36674 (P2015-36674A)		宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
(43) 公開日	平成27年2月23日 (2015. 2. 23)	(74) 代理人	100087480
審査請求日	平成27年2月5日 (2015. 2. 5)		弁理士 片山 修平
早期審査対象出願		(72) 発明者	吉田 慎哉
前置審査			宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
			国立大学法人東北大学内
		(72) 発明者	田中 秀治
			宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
			国立大学法人東北大学内
		(72) 発明者	江刺 正喜
			宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
			国立大学法人東北大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気化学センサー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

集積回路が形成された半導体基板と、
前記集積回路上に形成された中間層と、
前記半導体基板の前記集積回路が形成された面上に形成され、前記集積回路と電気的に接続され、前記中間層の上面に転写されたダイヤモンド、カーボンナノチューブ、およびカーボンナノコイルの少なくとも1つを主成分とする作用電極と、
を具備することを特徴とする電気化学センサー。

【請求項2】

前記中間層は絶縁層であり、
前記作用電極と前記集積回路とは、前記作用電極の上面の一部に接触し前記作用電極以外の領域で前記絶縁層を貫通する導電層を介し電気的に接続されていることを特徴とする請求項1記載の電気化学センサー。

【請求項3】

前記中間層は第1導電層であり、
前記作用電極と前記集積回路とは前記第1導電層を介し電気的に接続されていることを特徴とする請求項1記載の電気化学センサー。

【請求項4】

前記第1導電層と前記作用電極との間に形成された第2導電層を具備し、
前記第2導電層が前記作用電極とともに前記第1導電層の上面に転写されることにより

、前記作用電極が前記中間層の上面に転写されていることを特徴とする請求項3記載の電気化学センサー。

【請求項5】

前記中間層は、樹脂であることを特徴とする請求項1または2記載の電気化学センサー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気化学センサーに関し、例えば炭素を主成分とする作用電極を備える電気化学センサーに関する。

10

【背景技術】

【0002】

集積回路を形成したチップに作用電極を形成したLSI (Large Scale Integrated Circuit) 集積化電気化学センサーが知られている(特許文献1)。LSI集積化電気化学センサーにおいては、例えば、LSIが複数の作用電極の信号を制御および演算する。これにより、電気化学的なリアルタイムイメージングや多点多項目解析が可能となる。このようなLSI集積化電気化学センサーは、生化学、疾病診断、細胞の生理的活動モニタリング等における解析プラットフォームとして期待される。一方、電気化学センサーの作用電極にダイヤモンド等の炭素を主成分とする電極を用いることが知られている(特許文献2)。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-92437号公報

【特許文献2】特開2011-137820号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、炭素を主成分とする作用電極の形成は、高温において成膜する、または、高エネルギーイオンを照射して成膜することになる。このため、集積回路が損傷を受けてしまう。特に高密度に集積化された集積回路は、高温およびイオン照射に対する耐性が低い。このように、集積回路と炭素を主成分とする作用電極との集積化は容易でない。例えば、特許文献2においては、ダイヤモンド層上に半導体層を形成し、半導体層に電子回路の一部であるトランジスタを形成する。半導体層上にトランジスタを接続する貫通ビアおよび電気接続層等の配線層を形成する。トランジスタおよび配線層により電子回路が形成される。

30

【0005】

このような方法では、ダイヤモンド層上の半導体層にトランジスタを形成し、半導体層上に配線層を形成するため、高集積で高速な電子回路を形成することができない。また、既存の集積回路製造プロセスを用いることができず高価となる。さらに、半導体層に対し、電子回路とダイヤモンド層とが反対側に形成されている。よって、ダイヤモンド層と電子回路との電氣的接続が複雑になる。さらに、電子回路の製造プロセスを経ることによりダイヤモンド層が劣化することがある。このように、集積回路と炭素を主成分とする作用電極との集積化は容易でない。

40

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、集積回路と炭素を主成分とする作用電極との集積化を可能とすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、集積回路が形成された半導体基板と、前記集積回路上に形成された中間層と

50

、前記半導体基板の前記集積回路が形成された面上に形成され、前記集積回路と電氣的に接続され、前記中間層の上面に転写されたダイヤモンド、カーボンナノチューブ、およびカーボンナノコイルの少なくとも1つを主成分とする作用電極と、を具備することを特徴とする電気化学センサーである。

【0008】

上記構成において、前記中間層は絶縁層であり、前記作用電極と前記集積回路とは、前記作用電極の上面の一部に接触し前記作用電極以外の領域で前記絶縁層を貫通する導電層を介し電氣的に接続されている構成とすることができる。

【0009】

上記構成において、前記中間層は第1導電層であり、前記作用電極と前記集積回路とは前記第1導電層を介し電氣的に接続されている構成とすることができる。

10

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、集積回路と炭素を主成分とする作用電極との集積化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】図1(a)から図1(d)は、実施例1に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図(その1)である。

【図2】図2(a)から図2(c)は、実施例1に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図(その2)である。

20

【図3】図3(a)から図3(d)は、実施例1に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図(その3)である。

【図4】図4(a)および図4(b)は、実施例1に係る電気化学センサーの製造方法を示す平面図(その1)である。

【図5】図5は、実施例1に係る電気化学センサーの製造方法を示す平面図(その2)である。

【図6】図6は、実施例1に係る電気化学センサーのサイクリックボルタモグラムを示す図である。

【図7】図7(a)から図7(c)は、実施例1の変形例に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図である。

30

【図8】図8(a)から図8(d)は、実施例2に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図(その1)である。

【図9】図9(a)から図9(d)は、実施例2に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図(その2)である。

【図10】図10(a)および図10(b)は、実施例2に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図(その3)である。

【図11】図11(a)および図11(b)は、実施例2に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図(その4)である。

【図12】図12は、実施例1または実施例2に係る電気化学センサーの別の例である。

【発明を実施するための形態】

40

【0018】

以下、図面を参照し、本発明の実施例について説明する。

【実施例1】

【0019】

実施例1は、中間層として絶縁層を用いる例である。図1(a)から図3(c)は、実施例1に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図である。図4(a)から図5は、実施例1に係る電気化学センサーの製造方法を示す平面図である。

【0020】

図1(a)に示すように、集積回路11が形成された半導体基板10を準備する。半導体基板10は、ウエハ状態であり、複数の集積回路11がマトリクス状に形成されてい

50

る。集積回路 11 は、能動領域 12、絶縁膜 14、配線層 16、貫通ビア 18、パッド 20 およびパッシベーション層 22 を備えている。半導体基板 10 は、例えば単結晶シリコン (Si) 基板である。能動領域 12 は半導体基板 10 の上面に形成されている。能動領域 12 内には例えば MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタが形成されている。絶縁膜 14 は、例えば酸化シリコン膜であり、複数積層されている。配線層 16 は、絶縁膜 14 間に形成されており、例えばアルミニウム (Al) または銅 (Cu) 等を含む金属層である。貫通ビア 18 は、絶縁膜 14 の少なくとも一部を貫通しており、例えばタングステン (W) 等の金属を含む。パッド 20 は、絶縁膜 14 の最上面に形成されており、例えばアルミニウムまたは銅等を含む金属層である。パッシベーション層 22 は、絶縁膜 14 上に形成されており、パッド 20 上に開口 24 を有する。パッシベーション層 22 は、例えば酸化シリコンおよび/または窒化シリコン等を含む絶縁膜である。例えば、パッシベーション層 22 は、絶縁膜 14 上に形成された膜厚が $1.1 \mu\text{m}$ の酸化シリコン膜と、酸化シリコン膜上に形成された膜厚が $0.6 \mu\text{m}$ の窒化シリコン膜とを有する。

10

【0021】

図 1 (b) に示すように、パッシベーション層 22 およびパッド 20 上に金属層 26 を形成する。金属層 26 は、所定のパターンにパターンニングされており、パッド 20 と接触することにより電氣的に接続されている。金属層 26 は、例えば下からクロム (Cr) 膜、白金 (Pt) 膜および金膜を有し、スパッタリング法およびリフトオフ法を用い形成する。金属層 26 は、金属以外の導電性材料を含む導電層でもよい。

20

【0022】

図 1 (c) に示すように、集積回路 11 上に金属層 26 を覆うように絶縁層 28 を形成する。絶縁層 28 は、例えば膜厚が $10 \mu\text{m}$ の BCB (Benzocyclobutene) 等の有機樹脂である。絶縁層 28 としては、無機絶縁層または有機絶縁層を用いることができる。絶縁層 28 は、後述するように作用電極 32 を転写する中間層として機能する。このため、絶縁層 28 は、作用電極 32 が転写されやすい材料が好ましく、柔軟性を有する材料が好ましい。例えば、樹脂が好ましい。

【0023】

図 1 (d) に示すように、ウエハ状態の支持体 (支持基板) 30 上に作用電極 32 を形成する。支持体 30 は、例えばシリコン基板である。支持体 30 としては、ガラス基板等の絶縁基板、または金属基板を用いることもできる。表面の平坦性の観点からシリコン基板であることが好ましい。支持体 30 には、アライメントマーク 34 が形成されている。作用電極 32 は、炭素を主成分とする電極であり、例えばダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボン、アモルファスカーボン、カーボンナノチューブ、カーボンナノコイル、グラフェンおよびグラファイトの少なくとも 1 つを主成分とする。導電性を高めるため、これらの材料にボロン (B) または窒素 (N) 等のドーパントが含まれることが好ましい。作用電極 32 の膜厚は、例えば $1 \mu\text{m}$ から $2 \mu\text{m}$ である。

30

【0024】

作用電極 32 は、熱 CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、プラズマ CVD 法、またはイオンプレーティング法を用いて形成する。例えばダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボン、アモルファスカーボン等を熱 CVD 法またはプラズマ CVD 法を用い形成する場合、支持体 30 を 700 から 900 程度に加熱する。また、ダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボン、アモルファスカーボン等をイオンプレーティング法を用い形成する場合、イオンエネルギーを数 keV 以上とする。例えば、カーボンナノチューブまたはカーボンナノコイル等は、支持体 30 の温度を 500 から 700 とし、プラズマ CVD 法を用い形成する。例えば、グラフェンまたはグラファイト等は、支持体 30 の温度を 500 から 700 とし、熱 CVD 法を用い形成する。CVD 法を用いる場合の原料ガスは、例えばメタン (CH_4) および水素 (H_2) の混合ガスである。

40

【0025】

図 2 (a) に示すように、作用電極 32 の一部を除去し所望のパターンを形成する。作用電極 32 の除去は、例えば酸素ガス、または酸素と SF_6 との混合ガスをエッチャント

50

ガスとしたドライエッチング法を用いる。

【 0 0 2 6 】

図 4 (a) は、支持体 3 0 を図 2 (a) の上方から見た平面図である。図 4 (a) に示すように、ウエハ状態の支持体 3 0 に複数の作用電極 3 2 がマトリックス状に形成される。

【 0 0 2 7 】

図 2 (b) に示すように、支持体 3 0 の上下を反転し、集積回路 1 1 が複数形成されたウエハ状の半導体基板 1 0 上にウエハ状の支持体 3 0 を対向させる。アライメントマーク 3 4 を用い、支持体 3 0 を集積回路 1 1 にアライメントする。

【 0 0 2 8 】

図 2 (c) に示すように、支持体 3 0 の下面を絶縁層 2 8 上に貼り付ける。例えば、支持体 3 0 と集積回路 1 1 とを 3 0 0 から 4 0 0 程度に加熱し、支持体 3 0 を集積回路 1 1 の方向に 1 0 M P a から 5 0 M P a 程度の圧力で加圧する。このように、熱圧着法を用いることにより、作用電極 3 2 が絶縁層 2 8 の上面に転写される。作用電極 3 2 の転写方法として、他の方法を用いてもよい。

【 0 0 2 9 】

図 3 (a) に示すように、支持体 3 0 を除去する。支持体 3 0 の除去は、例えば S F ₆ 等のフッ素系ガスを用いたドライエッチング、またはウェットエッチングを用いる。また、支持体 3 0 を機械的に剥離してもよい。

【 0 0 3 0 】

図 3 (b) に示すように、金属層 2 6 の一部が露出するように、絶縁層 2 8 に開口 3 6 を形成する。開口 3 6 の形成には、例えば、酸素と S F ₆ との混合ガスをエッチャントガスとしたドライエッチング法を用いる。

【 0 0 3 1 】

図 4 (b) は、半導体基板 1 0 を上方から見た平面図であり、作用電極 3 2 、絶縁層 2 8 の開口 3 6 および金属層 2 6 を示している。図 4 (b) の A - A 断面が図 1 (a) から図 3 (d) に相当する。図 4 (b) に示すように、開口 3 6 は金属層 2 6 に含まれ、開口 3 6 内には作用電極 3 2 は形成されていない。

【 0 0 3 2 】

図 3 (c) に示すように、絶縁層 2 8 および作用電極 3 2 上に金属層 3 8 を形成する。金属層 3 8 は、例えば下からクロム膜、白金膜および金膜を有し、スパッタリング法およびリフトオフ法を用い形成する。金属層 3 8 は、金属以外の導電性材料を含む導電層でもよい。金属層 3 8 は、開口 3 6 内において金属層 2 6 と接触する。また、金属層 3 8 は、作用電極 3 2 上に開口 4 0 を有しており、作用電極 3 2 が開口 4 0 から露出する。金属層 3 8 は、開口 4 0 以外の領域において、作用電極 3 2 と接触する。これにより、作用電極 3 2 と集積回路 1 1 のパッド 2 0 とは、金属層 3 8 および 2 6 を介し電氣的に接続される。

【 0 0 3 3 】

図 3 (d) に示すように、絶縁層 2 8 および金属層 3 8 上に絶縁層 4 2 を形成する。絶縁層 4 2 は、例えばエポキシ樹脂である樹脂層である。エポキシ樹脂としては、例えば S U - 8 を用いる。絶縁層 4 2 としては、無機絶縁膜または有機絶縁膜を用いることができる。絶縁層 4 2 は、作用電極 3 2 を露出させる開口 4 4 を有している。開口 4 4 は作用電極 3 2 のみを露出し、金属層 3 8 および絶縁層 2 8 は開口 4 4 から露出していない。その後、ウエハ状態の半導体基板 1 0 をダイシング法等を用い切断することにより、電気化学センサー 1 0 0 が完成する。

【 0 0 3 4 】

図 5 は、電気化学センサーを上方からみた平面図であり、絶縁層 4 2 の開口 4 4 、金属層 3 8 、金属層 3 8 の開口 4 0 、開口 4 0 から露出した作用電極 3 2 、絶縁層 2 8 の開口 3 6 を示している。開口 4 0 は開口 4 4 を含むように形成されている。これにより、開口 4 4 から作用電極 3 2 のみが露出する。金属層 3 8 は開口 3 6 を含むように形成されてい

10

20

30

40

50

る。これにより、金属層 38 と金属層 26 とが接触することができる。電気化学センサー 100 のチップサイズは、例えば $250\ \mu\text{m} \times 250\ \mu\text{m}$ であり、開口 44 の直径は $40\ \mu\text{m}$ である。作用電極 32 は集積回路 11 上に複数形成されていてもよい。

【0035】

図 6 は、実施例 1 に係る電気化学センサーのサイクリックボルタモグラムを示す図である。作用電極 32 としてポロンドープダイヤモンド (BDD) を用いた。比較のため、作用電極として白金 (Pt) または金 (Au) を用いた場合の測定結果を示す。電圧は銀 (Ag) / 塩化銀 (AgCl) に対する電圧であり、作用電極は 0.5 モルの H_2SO_4 水溶液に曝した。電圧の走査速度は $100\ \text{mV} / \text{秒}$ である。図 6 に示すように、作用電極として白金または金を用いた場合、電位窓は、約 $-0.2\ \text{V}$ から $1.5\ \text{V}$ である。また、ヒステリシスが大きくバックグラウンド電流は大きい。白金および金において、電位窓が小さく、バックグラウンド電流が大きい理由は、作用電極の表面に付着した水分等の酸化還元反応のためと考えられる。

10

【0036】

アンペロメトリックセンサーにおいて、電位窓が小さいと、電位窓の範囲外に酸化還元電位を有する物質の検出が難しくなる。また、バックグラウンド電流が大きいと、信号 / 雑音比が小さくなり検出感度が低下する。ポテンシオメトリックセンサーにおいて、例えば神経細胞への刺激電位値は電位窓により制限される。例えば、電位窓より大きい電圧を電極に印加すると水の電気分解を引き起こし、電極材料が劣化してしまう。

【0037】

一方、作用電極 32 としてダイヤモンドを用いた場合、電位窓は約 $-0.8\ \text{V}$ から $2.0\ \text{V}$ と広い。またバックグラウンド電流が小さい。このように、炭素を主成分とする作用電極 32 を用いることにより、電位窓を大きく、バックグラウンド電流を小さくできる。炭素を主成分とする作用電極 32 は、生体適合性に優れており、高い安定性を有する。また、カーボンナノチューブおよびカーボンナノコイルを作用電極に用いると、大きい比表面積により、高い検出感度を実現できる。

20

【0038】

実施例 1 によれば、図 2 (a) のように、支持体 30 上に炭素を主成分とする作用電極 32 を形成する。図 1 (c) のように、集積回路 11 が形成された半導体基板 10 の集積回路 11 が形成された面上に、絶縁層 28 (中間層) を形成する。図 3 (a) のように、絶縁層 28 上に支持体 30 から作用電極 32 を転写する。図 3 (c) のように、作用電極 32 を集積回路 11 と電氣的に接続させる。このように、作用電極 32 を支持体 30 上に形成し、集積回路 11 上に転写する。これにより、集積回路 11 は、作用電極 32 を形成する際に、高温および / またはイオン照射に曝されない。よって、集積回路 11 が損傷を受けることを抑制できる。また、集積回路 11 の製造プロセスを経ることによる作用電極 32 の劣化も抑制できる。このように、作用電極 32 が半導体基板 10 の集積回路 11 が形成された面上に形成された電気化学センサーを製造できる。

30

【0039】

また、中間層を絶縁層 28 とした場合、図 3 (b) および図 3 (c) のように、絶縁層 28 を貫通する金属層 38 を介し作用電極 32 を集積回路 11 と電氣的に接続させることができる。

40

【0040】

図 3 (b) のように、絶縁層 28 に開口 36 (貫通孔) を形成する。図 3 (c) のように、作用電極 32 の上面の一部に接触し、開口 36 を介し集積回路 11 に電氣的に接続する金属層 38 を形成する。これにより、作用電極 32 と集積回路 11 とを電氣的に接続できる。

【0041】

図 7 (a) から図 7 (c) は、実施例 1 の変形例に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図である。図 7 (a) に示すように、実施例 1 の図 2 (a) の後、支持体 30 上に転写用シート 70 を貼り付ける。転写用シート 70 は、例えば樹脂シートであり、支持

50

体 30 に貼り付ける面に接着剤が塗布されている。

【0042】

図 7 (b) に示すように、転写用シート 70 を支持体 30 から剥がすことにより、作用電極 32 は、転写用シート 70 に固着される。集積回路 11 が複数形成されたウエハ状の半導体基板 10 上に転写用シート 70 を対向させる。

【0043】

図 7 (c) に示すように、転写用シート 70 を絶縁層 28 上に貼り付ける。実施例 1 と同様に、作用電極 32 を絶縁層 28 上に転写させる。転写用シート 70 を絶縁層 28 から剥がす。以降の工程は実施例 1 の図 3 (a) 以降と同じであり説明を省略する。

【0044】

実施例 1 の変形例のように、支持体 30 上に形成した作用電極 32 を転写用シート 70 のような第 2 の支持体に転写する。作用電極 32 を転写用シート 70 から半導体基板 10 上に転写してもよい。支持体 30 は、作用電極 32 を形成するため、耐熱性または耐イオン照射性に優れ、また平坦性がよいことが好ましい。このような支持体 30 は高価である。実施例 1 の変形例では、転写用シート 70 から半導体基板 10 に作用電極 32 を転写するため、支持体 30 を再利用することができる。以下に説明する実施例 2 においても転写用シート 70 を用いることができる。

【実施例 2】

【0045】

実施例 2 は、中間層として金属層を用いる例である。図 8 (a) から図 11 (b) は、実施例 2 に係る電気化学センサーの製造方法を示す断面図である。図 8 (a) に示すように、集積回路 11 が形成された半導体基板 10 を準備する。半導体基板 10 および集積回路 11 の構成は実施例 1 と同じである。能動領域 12 の配置、絶縁膜 14 の層数、配線層 16 の層数および配置、貫通ビア 18 の個数および配置、パッド 20 の個数および配置等は、集積回路 11 の機能に応じ設計できる。

【0046】

図 8 (b) に示すように、集積回路 11 上にシード層 50 を形成する。シード層 50 は金属を主に含み、例えば蒸着法またはスパッタリング法を用い形成する。図 8 (c) に示すように、シード層 50 上に開口 54 を有するフォトレジストマスク 52 を形成する。図 8 (d) に示すように、開口 54 内に金属層 56 を形成する。金属層 56 は、例えば膜厚が $10 \mu\text{m}$ であり、金を主成分とし、電解めっき法を用い形成する。金属層 56 は、金属以外の導電性材料を含む導電層でもよい。

【0047】

図 9 (a) に示すように、フォトレジストマスクを除去する。図 9 (b) に示すように、金属層 56 をマスクにシード層 50 を除去する。

【0048】

図 9 (c) に示すように、実施例 1 の図 2 (a) と同様に、支持体 30 上に炭素を主に含む作用電極 32 を形成する。図 9 (d) に示すように、作用電極 32 上に所定形状にパターンニングされた金属層 58 を形成する。金属層 58 は、例えば膜厚が $1 \mu\text{m}$ 以下であり、金を主成分とし、蒸着法を用い形成する。金属層 58 は、金属以外の導電性材料を含む導電層でもよい。

【0049】

図 10 (a) に示すように、実施例 1 の図 2 (b) 同様に、支持体 30 を集積回路 11 上に配置する。図 10 (b) に示すように、金属層 56 と 58 とを接合する。金属層 56 と 58 とが Au を主成分とする場合は、熱圧着法により、金属層 56 と 58 とを接合する。金属層 56 と 58 との接合方法としては、共晶接合法、半田接合法または液相を介在させた金属接合法を用いることができる。各接合方法に応じ金属層 56 および 58 の材料を適宜選択することができる。例えば金属層 56 と 58 として、Cu 等の金属、In または Sn 等の半田を用いることもできる。

【0050】

10

20

30

40

50

図 1 1 (a) に示すように、実施例 1 の図 3 (a) と同様に、支持体 3 0 を除去する。図 1 1 (b) に示すように、実施例 1 の図 3 (d) における絶縁層 4 2 と同様に、集積回路 1 1 上に金属層 5 6、5 8 および作用電極 3 2 を覆うように絶縁層 6 0 を形成する。絶縁層 6 0 には、作用電極 3 2 の一部を露出する開口 6 2 が形成されている。その後、ウエハ状態の半導体基板 1 0 をダイシング法等を用い切断することにより、電気化学センサー 1 0 2 が完成する。

【 0 0 5 1 】

中間層を金属層 5 6 および 5 8 とした場合、図 1 0 (b) のように、金属層 5 6 および 5 8 上に作用電極 3 2 を転写することにより、作用電極 3 2 と集積回路 1 1 を金属層 5 6 および 5 8 を介し電氣的に接続させることができる。

10

【 0 0 5 2 】

作用電極 3 2 を直接金属層 5 6 上に密着させるのはむずかしい。そこで、図 9 (d) のように、支持体 3 0 上に形成された作用電極 3 2 を覆うように金属層 5 8 を形成する。これにより、作用電極 3 2 と金属層 5 8 とが密着する。図 1 0 (b) のように、金属層 5 6 (第 1 導電層) と金属層 5 8 (第 2 導電層) とが固着することにより、作用電極 3 2 を金属層 5 6 上に転写する。金属層 5 6 と 5 8 との接合は容易である。よって、作用電極 3 2 を金属層 5 6 上に密着させることができる。金属層 5 6 と 5 8 とを熱圧着する場合、密着性向上のため金属層 5 6 と 5 8 は同じ材料で有ることが好ましい。

【 0 0 5 3 】

以上のように、実施例 1 および 2 によれば、炭素を主成分とする作用電極 3 2 を集積回路 1 1 上に集積化できる。これにより、特許文献 2 のように、特殊な製造プロセスを用いることなく、集積回路 1 1 を既存の集積回路製造プロセスを用い製造することができる。よって、高集積な集積回路 1 1 を安価に製造できる。また、半導体基板 1 0 に対し、集積回路 1 1 と作用電極 3 2 を半導体基板 1 0 に対し同じ側に形成できる。よって、作用電極 3 2 と集積回路 1 1 との電氣的接続が簡単になる。このように、広い電位窓と低いバックグラウンド電流、および良好な安定性など優れた特性を有する電気化学センサーを安価かつ簡単に実現できる。

20

【 0 0 5 4 】

図 1 2 は、実施例 1 または実施例 2 に係る電気化学センサーの別の例である。図 1 2 に示すように、集積回路 1 1 の上面に複数の作用電極 3 2 がアレイ状に配列されている。作用電極 3 2 以外の面は絶縁層 4 2 により覆われている。このように、複数の作用電極 3 2 を集積回路 1 1 上に配置することもできる。

30

【 0 0 5 5 】

作用電極 3 2 と集積回路 1 1 を集積化した電気化学センサーは、DNA センシング、ドラッグスクリーニング、環境測定、食品検査、細胞選別、または生体組織片のリアルタイム 2 次元電気化学イメージングなど、幅広く応用できる。

【 0 0 5 6 】

以上、発明の好ましい実施例について詳述したが、本発明に係る特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

40

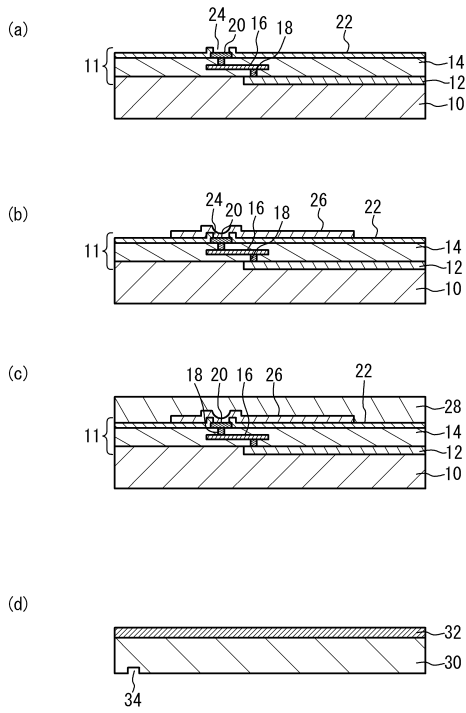
【 符号の説明 】

【 0 0 5 7 】

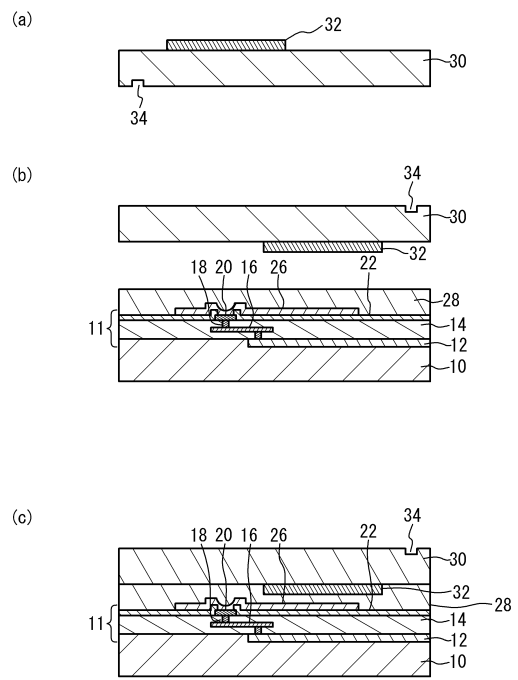
1 0	半導体基板
1 1	集積回路
2 0	パッド
2 6、3 8	金属層
2 8、4 2	絶縁層
3 0	支持体
3 2	作用電極
5 6、5 8	金属層

50

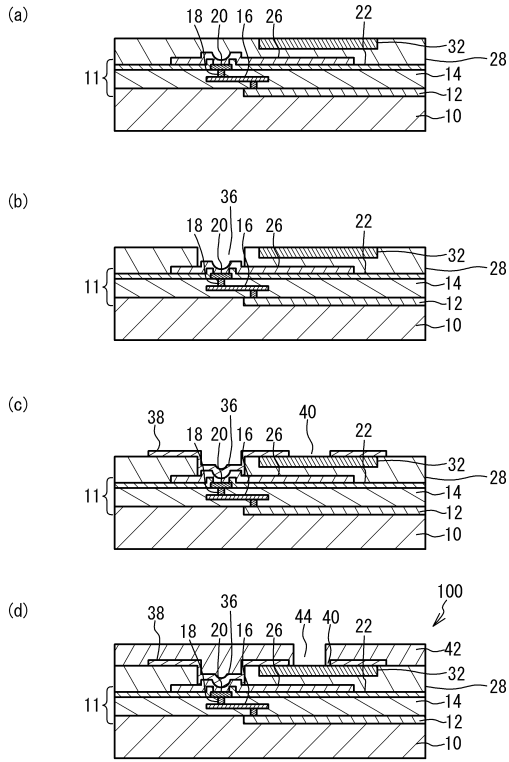
【図 1】



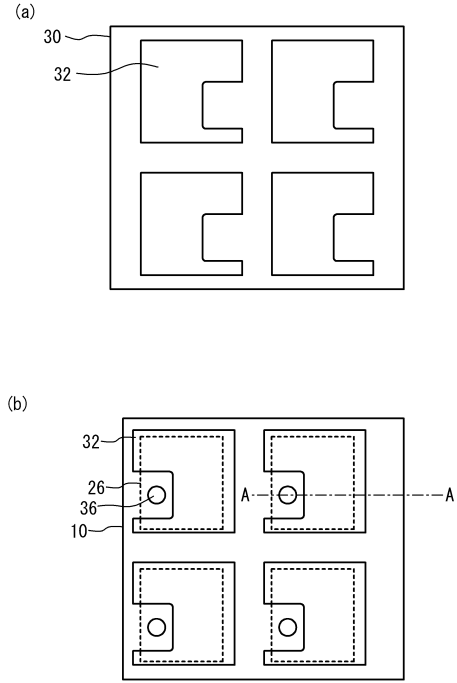
【図 2】



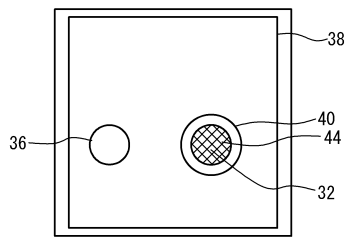
【図3】



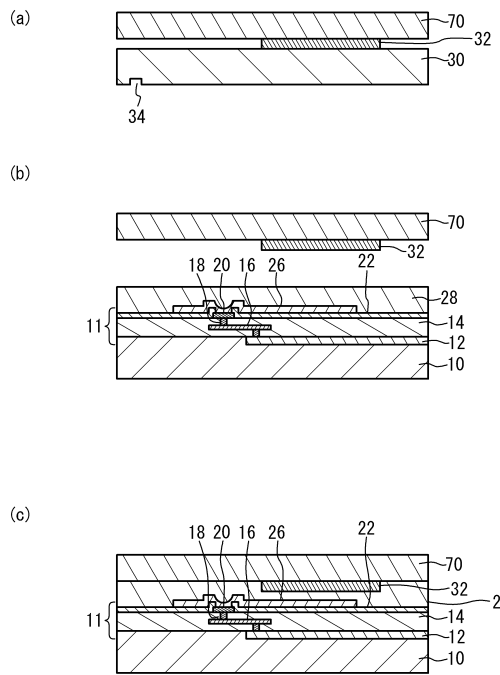
【図4】



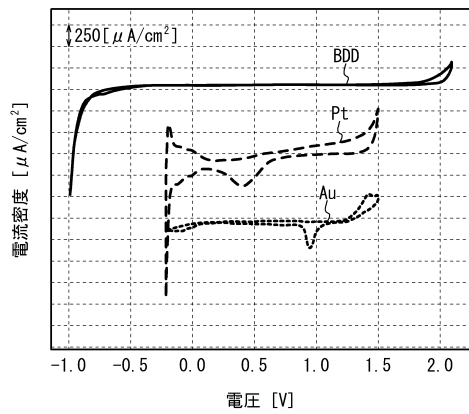
【図5】



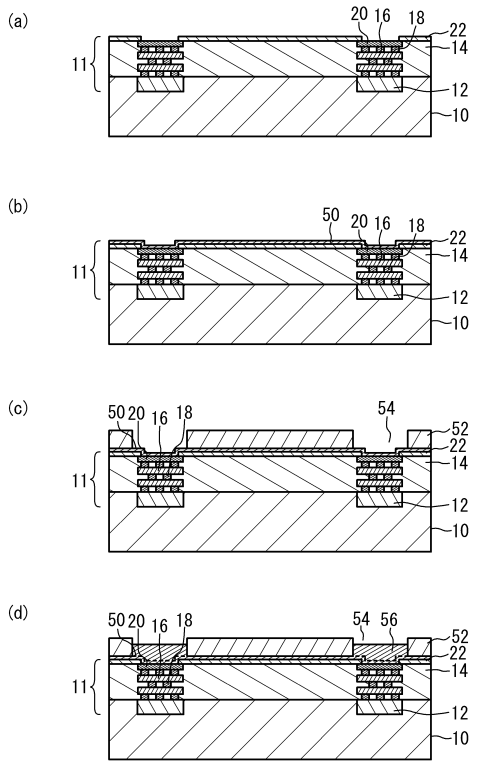
【図7】



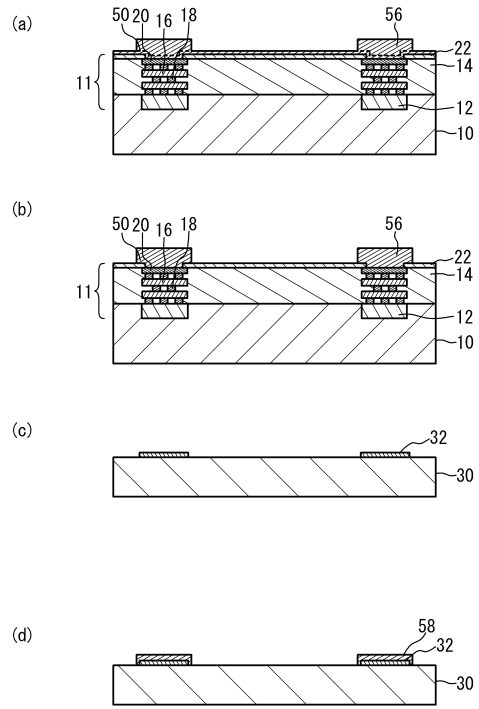
【図6】



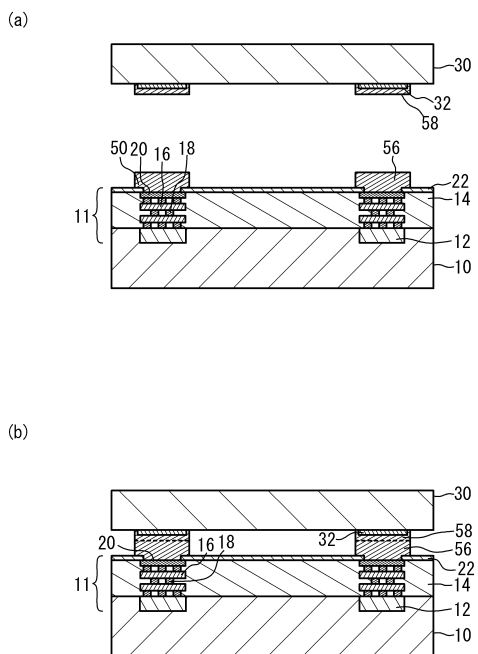
【 図 8 】



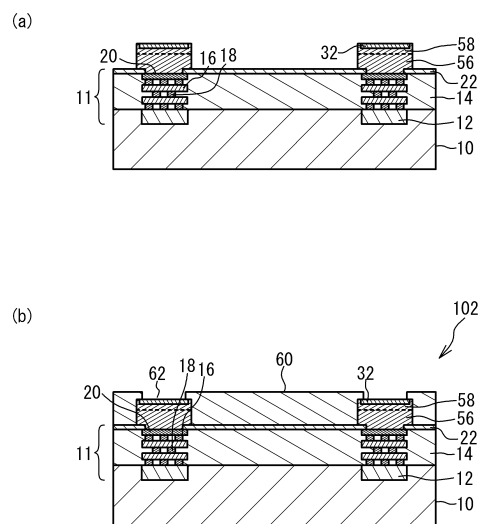
【 図 9 】




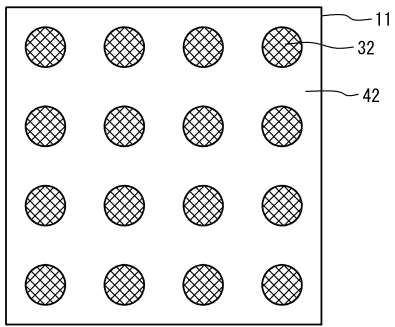
【 図 10 】



【 図 11 】



【 1 2】



フロントページの続き

審査官 櫃本 研太郎

(56)参考文献 国際公開第2013/089742(WO, A1)

特表2015-504522(JP, A)

特表2010-500558(JP, A)

特表2013-502563(JP, A)

特表2003-532090(JP, A)

特開2012-060010(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 27/414

G01N 27/30