

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2025-3371
(P2025-3371A)

(43)公開日 令和7年1月9日(2025.1.9)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H 1 0 D 1/68 (2025.01)	H 0 1 L 27/04 C	5 F 0 3 8
H 1 0 B 12/00 (2023.01)	H 1 0 B 12/00 6 2 1 B	5 F 0 8 3

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全21頁)	
(21)出願番号 特願2024-97267(P2024-97267)	(71)出願人 390019839
(22)出願日 令和6年6月17日(2024.6.17)	三星電子株式会社
(31)優先権主張番号 10-2023-0079934	S a m s u n g E l e c t r o n i c s
(32)優先日 令和5年6月21日(2023.6.21)	C o . , L t d .
(33)優先権主張国・地域又は機関 韓国(KR)	大韓民国京畿道水原市靈通区三星路 1 2
	9
	1 2 9 , S a m s u n g - r o , Y e o
	n g t o n g - g u , S u w o n - s i
	, G y e o n g g i - d o , R e p u b
	l i c o f K o r e a
	(71)出願人 518107501
	コリア ユニバーシティ リサーチ アンド
	ビジネス ファウンデーション
	K O R E A U N I V E R S I T Y R E
	S E A R C H A N D B U S I N E S S
	最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

(57)【要約】1

【課題】半導体装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】半導体装置は、キャパシタを含み、キャパシタは、第1電極；第2電極；及び第1電極と第2電極との間に配置される誘電層；を含み、第1電極及び第2電極のうち、少なくとも1つは、ナノラミネート電極を含み、ナノラミネート電極は、交互に配置された複数の第1物質層と複数の第2物質層を含み、複数の第1物質層は、インジウム酸化物（ In_2O_3 ）を含み、複数の第2物質層は、モリブデン酸化物（ MoO_x ）を含み、複数の第1物質層それぞれは、2～6 の厚さを有し、複数の第2物質層それぞれは、モリブデン酸化物の単層 (monolayer)を含む。

【選択図】図 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

キャパシタを含み、前記キャパシタは、

第 1 電極と、

第 2 電極と、

前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置される誘電層と、を含み、

前記第 1 電極及び前記第 2 電極のうち、少なくとも 1 つは、ナノラミネート電極を含み、

前記ナノラミネート電極は、交互に配置された複数の第 1 物質層と、複数の第 2 物質層と、を含み、

前記複数の第 1 物質層は、インジウム酸化物 (In_2O_3) を含み、

10

前記複数の第 2 物質層は、モリブデン酸化物 (MoO_x) を含み、

前記複数の第 1 物質層それぞれは、2 ~ 6 の厚さを有し、

前記複数の第 2 物質層それぞれは、モリブデン酸化物の単層 (monolayer) を含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

前記ナノラミネート電極は、10 ~ 50 nm の厚さを有することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】

前記ナノラミネート電極は、4.95 ~ 5.05 eV の仕事関数を有することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

20

【請求項 4】

前記ナノラミネート電極は、X 線回折分析結果において $30.48 \pm 0.02^\circ$ で立方構造を有するインジウム酸化物の (222) 面に由来する第 1 ピークと、 $35.43 \pm 0.02^\circ$ でインジウム酸化物の (400) 面に由来する第 2 ピークと、を示すことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 5】

前記誘電層は、高誘電率金属酸化物を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 6】

前記誘電層は、チタン酸化物 (TiO_2) を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

30

【請求項 7】

前記ナノラミネート電極は、1 nm 以下の表面粗さを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 8】

前記キャパシタは、1 kHz で第 1 キャパシタンスを有し、

前記キャパシタは、1 MHz で第 2 キャパシタンスを有し、

前記第 2 キャパシタンスは、前記第 1 キャパシタンスの 50 % より大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 9】

40

前記第 2 キャパシタンスは、前記第 1 キャパシタンスの 80 % より大きいことを特徴とする請求項 8 に記載の半導体装置。

【請求項 10】

キャパシタを含み、前記キャパシタは、

第 1 電極と、

第 2 電極と、

前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置される誘電層と、を含み、

前記第 1 電極及び前記第 2 電極のうち、少なくとも 1 つは、ナノラミネート電極を含み、

前記ナノラミネート電極は、

インジウム酸化物 (In_2O_3) を含む複数の第 1 物質層と、

50

前記複数の第 1 物質層のうち隣接した 2 個の第 1 物質層間にそれぞれ配置され、モリブデン酸化物 (MoO_x) の単層からなる複数の第 2 物質層と、を含み、
前記ナノラミネート電極は、 $4.95 \sim 5.05 \text{ eV}$ の仕事関数を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 11】

前記複数の第 1 物質層それぞれは、 $2 \sim 6$ の厚さを有し、
前記ナノラミネート電極は、 $10 \sim 50 \text{ nm}$ の厚さを有することを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 12】

前記ナノラミネート電極は、X 線回折分析結果において $30.48 \pm 0.02^\circ$ で立方構造を有するインジウム酸化物の (222) 面に由来する第 1 ピークと、 $35.43 \pm 0.02^\circ$ でインジウム酸化物の (400) 面に由来する第 2 ピークと、を示すことを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 13】

前記誘電層は、高誘電率金属酸化物を含むことを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 14】

前記誘電層は、チタン酸化物 (TiO_2) を含むことを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 15】

前記ナノラミネート電極は、 1 nm 以下の表面粗さを含むことを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 16】

前記キャパシタは、 1 kHz で第 1 キャパシタンスを有し、
前記キャパシタは、 1 MHz で第 2 キャパシタンスを有し、
前記第 2 キャパシタンスは、前記第 1 キャパシタンスの 50% より大きいことを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 17】

基板と、
前記基板上に配置されるコンタクト構造物と、
前記コンタクト構造物上に配置され、シリンダ形状を有し、第 1 ナノラミネート電極を含む下部電極と、
前記下部電極上に配置される誘電層と、
前記誘電層上に配置される上部電極と、を含み、
前記第 1 ナノラミネート電極は、

インジウム酸化物 (In_2O_3) を含む複数の第 1 物質層と、
前記複数の第 1 物質層のうち隣接した 2 個の第 1 物質層間にそれぞれ配置され、モリブデン酸化物 (MoO_x) の単層からなる複数の第 2 物質層と、を含み、
前記第 1 ナノラミネート電極は、 $4.95 \sim 5.05 \text{ eV}$ の仕事関数を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 18】

前記誘電層は、チタン酸化物 (TiO_2) を含むことを特徴とする請求項 17 に記載の半導体装置。

【請求項 19】

前記複数の第 1 物質層それぞれは、 $2 \sim 6$ の厚さを有し、
前記第 1 ナノラミネート電極は、 $10 \sim 50 \text{ nm}$ の厚さを有することを特徴とする請求項 17 に記載の半導体装置。

【請求項 20】

前記上部電極は、第 2 ナノラミネート電極を含み、
前記第 2 ナノラミネート電極は、

10

20

30

40

50

インジウム酸化物 (In_2O_3) を含む複数の第 3 物質層と、前記複数の第 3 物質層のうち隣接した 2 個の第 3 物質層間にそれぞれ配置され、モリブデン酸化物 (MoO_x) の単層からなる複数の第 4 物質層と、を含み、前記第 2 ナノラミネート電極は、 $4.95 \sim 5.05 \text{ eV}$ の仕事関数を有することを特徴とする請求項 17 に記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置及びその製造方法に関し、さらに詳細には、キャパシタを含む半導体装置及びその製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

半導体装置のダウンスケーリングによって DRAM 装置などに使用されるキャパシタの大きさも縮小されている。キャパシタの大きさが減少することにより、漏れ電流が増加する問題があり、高誘電率の誘電物質を誘電層として使用するための研究が提案されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明が解決しようとする課題は、高い仕事関数を有する新規な電極物質を採用し、減少した漏れ電流を有し、かつ高周波数領域でも相対的に高いキャパシタンスを示すキャパシタを含む半導体装置を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0004】

前記技術的課題を達成するための例示的な実施例による半導体装置は、キャパシタを含み、前記キャパシタは、第 1 電極；第 2 電極；及び前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置される誘電層；を含み、前記第 1 電極及び前記第 2 電極のうち、少なくとも 1 つは、ナノラミネート電極を含み、前記ナノラミネート電極は、交互に配置された複数の第 1 物質層と複数の第 2 物質層を含み、前記複数の第 1 物質層は、インジウム酸化物 (In_2O_3) を含み、前記複数の第 2 物質層は、モリブデン酸化物 (MoO_x) を含み、前記複数の第 1 物質層それぞれは、 $2 \sim 6$ の厚さを有し、前記複数の第 2 物質層それぞれは、モリブデン酸化物の単層 (monolayer) を含む。

30

【0005】

前記技術的課題を達成するための例示的な実施例による半導体装置は、キャパシタを含み、前記キャパシタは、第 1 電極；第 2 電極；及び前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置される誘電層を含み、前記第 1 電極及び前記第 2 電極のうち、少なくとも 1 つは、ナノラミネート電極；を含み、前記ナノラミネート電極は、インジウム酸化物 (In_2O_3) を含む複数の第 1 物質層と、前記複数の第 1 物質層のうち隣接した 2 個の第 1 物質層の間にそれぞれ配置され、モリブデン酸化物 (MoO_x) の単層からなる複数の第 2 物質層を含み、前記ナノラミネート電極は、 $4.95 \sim 5.05 \text{ eV}$ の仕事関数を有する。

40

【0006】

前記技術的課題を達成するための例示的な実施例による半導体装置は、基板；前記基板上に配置されるコンタクト構造物；前記コンタクト構造物上に配置され、シリンダ形状を有し、第 1 ナノラミネート電極を含む下部電極；前記下部電極上に配置される誘電層；前記誘電層上に配置される上部電極；を含み、前記第 1 ナノラミネート電極は、インジウム酸化物 (In_2O_3) を含む複数の第 1 物質層と、前記複数の第 1 物質層のうち隣接した 2 個の第 1 物質層の間にそれぞれ配置され、モリブデン酸化物 (MoO_x) の単層からなる複数の第 2 物質層を含み、前記ナノラミネート電極は、 $4.95 \sim 5.05 \text{ eV}$ の仕事関数を有する。

【0007】

50

前記技術的課題を達成するための例示的な実施例による半導体装置の製造方法は、基板上に原子層積層工程によってナノラミネート電極を形成する段階を含み、前記ナノラミネート電極を形成する段階は、物質層ペアの堆積サイクルを k 回繰り返す段階を含み、前記物質層ペアの堆積サイクルは、前記基板上に第1物質層堆積サイクルを m 回繰り返す段階；及び前記基板上に第2物質層堆積サイクルを n 回繰り返す段階；を含み、前記第1物質層堆積サイクルは、インジウム酸化物(In_2O_3)を堆積するための工程であり、前記 m は、10～30の範囲であり、前記第2物質層堆積サイクルは、モリブデン酸化物(MoO_x)を堆積するための工程であり、前記 n は、1である。

【図面の簡単な説明】

【0008】

10

【図1】例示的な実施例による半導体装置を示す断面図である。

【図2】図1の第1電極の断面図である。

【図3】図1の第2電極の断面図である。

【図4】例示的な実施例によるナノラミネート電極の製造方法を示すタイミング図である。

【図5】第1物質層堆積サイクルを概略的に示すフローチャートである。

【図6】第2物質層堆積サイクルを概略的に示すフローチャートである。

【図7】例示的な実施例によるナノラミネート電極のX線回折分析グラフである。

【図8】紫外線光電子分光法(Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy, UPS)によって測定された例示的な実施例によるナノラミネート電極のバインディングエネルギーを示すグラフである。

20

【図9】例示的な実施例によるナノラミネート電極の比抵抗、キャリア濃度、移動度を示すグラフである。

【図10】原子間力顕微鏡(Atomistic Force Microscopy, AFM)を使用して測定された例示的な実施例によるナノラミネート電極の表面モルフォロジーを示すイメージである。

【図11】比較例によるキャパシタの走査電子顕微鏡(scanning electron microscopy)イメージである。

【図12】実施例によるキャパシタの走査電子顕微鏡イメージである。

【図13】比較例によるキャパシタのエネルギーバンドダイヤグラムの概略図である。

【図14】実施例によるキャパシタのエネルギーバンドダイヤグラムの概略図である。

30

【図15】例示的な実施例によるキャパシタの周波数に係わるキャパシタンスを示すグラフである。

【図16】例示的な実施例によるキャパシタの高周波領域でのキャパシタンスを示すグラフである。

【図17】例示的な実施例によるキャパシタの電流密度対電圧特性を示すグラフである。

【図18】例示的な実施例による半導体装置を示す断面図である。

【図19】図18のA部分の拡大図である。

【図20】例示的な実施例による半導体装置を示す断面図である。

【図21】例示的な実施例による半導体装置を示す断面図である。

【図22】例示的な実施例による半導体装置を示す断面図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、添付された図面を参照して、本発明の技術的思想の例示的な実施例を詳細に説明する。

【0010】

図1は、例示的な実施例による半導体装置1を示す断面図である。図2は、図1の第1電極20の断面図である。図3は、図1の第2電極40の断面図である。

【0011】

図1を参照すれば、半導体装置1は、基板10、第1電極20、誘電層30、及び第2電極40を含みうる。例えば、第1電極20、誘電層30、及び第2電極40は、キャパ

50

シタを構成し、例えば、MIM (metal-insulator-metal)構造のキャパシタを構成しうる。

【0012】

第1電極20は、図2を参照に説明されたようなナノラミネート電極NEを含みうる。ナノラミネート電極NEは、交互に配置された複数の第1物質層22と複数の第2物質層24を含みうる。

【0013】

例示的な実施例において、複数の第1物質層22は、インジウム酸化物(In_2O_3)を含みうる。例えば、複数の第1物質層22は、原子層積層ALD工程によって形成され、複数の第1物質層22それぞれは、約2~6の第1厚さ t_{11} を有する。

10

【0014】

例示的な実施例において、複数の第2物質層24は、モリブデン酸化物(MoO_x)を含みうる。例えば、複数の第2物質層24は、原子層積層ALD工程によって形成され、約1以下の第2厚さ t_{12} を有する。

【0015】

例えば、複数の第2物質層24それぞれは、モリブデン酸化物の単層(monolayer)を含みうる。例示的な実施例において、複数の第2物質層24それぞれは、図2に図示されたように連続して連結される単一層を形成しうる。他の実施例において、複数の第2物質層24それぞれは、第1物質層22の表面上に配置されるアイランド形状の粒子または凝集体として形成されうる。

20

【0016】

例えば、本明細書においてモリブデン酸化物の単層とは、モリブデン酸化物の連続して連結される単一層またはアイランド形状の粒子または凝集体層を示しうる。例えば、モリブデン酸化物の単層は、原子層積層工程の第2物質層堆積サイクルを n 回繰り返す段階によっても形成され、ここで、 n は、1回でもある。しかし、他の実施例において、モリブデン酸化物の単層は、原子層積層工程の第2物質層堆積サイクルを n 回繰り返す段階によって形成され、ここで、 n は、1ないし5のうち任意の数を含みうる。

【0017】

第1電極20は、複数の第1物質層22それぞれを形成するための第1物質層堆積サイクルと複数の第2物質層24それぞれを形成するための第2物質層堆積サイクルを所定の比率で繰り返して遂行することにより形成されうる。例えば、第1物質層22が約2~6の第1厚さ t_{11} を有するように形成されるまで、第1物質層堆積サイクルが遂行され、第2物質層堆積サイクルが形成されてモリブデン酸化物の単層が形成された後、第1物質層22が約2~6の第1厚さ t_{11} を有するように形成されるまで、第1物質層堆積サイクルが遂行され、以後、第2物質層堆積サイクルが形成されてモリブデン酸化物の単層が形成されるなど、第1物質層堆積サイクルと第2物質層堆積サイクルが繰り返して遂行されうる。第1電極20は、例えば、10~50nmの厚さ t_{10} を有する。

30

【0018】

一部実施例において、誘電層30は、高誘電率物質である金属酸化物を含みうる。一部実施例において、誘電層30は、チタン酸化物を含みうる。他の実施例において、誘電層30は、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物、ニオブ酸化物、タンタル酸化物、イットリウム酸化物、ストロンチウムチタン酸化物、バリウムストロンチウムチタン酸化物、スカンジウム酸化物、及びランタン族酸化物のうち、少なくとも1つを含みうる。

40

【0019】

第2電極40は、図3を参照して説明されたようなナノラミネート電極NEを含みうる。ナノラミネート電極NEは、交互に配置された複数の第1物質層42と複数の第2物質層44を含みうる。

【0020】

例示的な実施例において、複数の第1物質層42は、インジウム酸化物(In_2O_3)を含みうる。例えば、複数の第1物質層42は、原子層積層(ALD)工程によって形成

50

され、複数の第 1 物質層 4 2 それぞれは、約 2 ~ 6 の第 1 厚さ t_{21} を有する。

【0021】

例示的な実施例において、複数の第 2 物質層 4 4 は、モリブデン酸化物 (MoO_x) を含みうる。例えば、複数の第 2 物質層 4 4 は、原子層積層 (ALD) 工程によって形成され、約 1 以下の第 2 厚さ t_{22} を有する。第 2 電極 4 0 は、例えば、10 ~ 50 nm の厚さ t_{20} を有する。

【0022】

例えば、複数の第 2 物質層 4 4 それぞれは、モリブデン酸化物の単層 (monolayer) を含みうる。例示的な実施例において、複数の第 2 物質層 4 4 それぞれは、図 3 に図示されたように連続して連結される単一層を形成しうる。他の実施例において、複数の第 2 物質層 4 4 それぞれは、第 1 物質層 4 2 の上面上に配置されるアイランド形状の粒子または凝集体として形成されうる。

10

【0023】

例示的な実施例において、図 2 及び図 3 に図示されたナノラミネート電極 NE は、約 4 . 95 eV ~ 5 . 05 eV の仕事関数を有する。ナノラミネート電極 NE が相対的に高い仕事関数を有するインジウム酸化物とモリブデン酸化物の積層構造からなることにより、ナノラミネート電極 NE は、例えば、チタン窒化物 (TiN) のような比較例による電極の仕事関数 (例えば、4 . 5 eV) よりさらに高い仕事関数を有する。

【0024】

例示的な実施例において、図 2 及び図 3 に図示されたナノラミネート電極 NE は、X 線回折分析結果において 30 . 48 ± 0 . 02 ° で立方構造 (cubic structure) を有するインジウム酸化物の (222) 面に由来する第 1 ピークと 35 . 43 ± 0 . 02 ° でインジウム酸化物の (400) 面に由来する第 2 ピークを示しうる。例示的な実施例において、図 2 及び図 3 に図示されたナノラミネート電極 NE は、1 nm 以下の表面粗さを有し、例えば、0 . 6 nm ~ 1 . 0 nm 範囲の表面粗さを有する。

20

【0025】

例示的な実施例において、図 2 及び図 3 に図示されたナノラミネート電極 NE は、インジウム酸化物のキャリア濃度よりさらに高いか、それおと同一であるキャリア濃度を有する。また、図 2 及び図 3 に図示されたナノラミネート電極 NE は、インジウム酸化物の比抵抗よりさらに低い、それと同一である比抵抗を有する。例えば、ナノラミネート電極 NE の第 1 物質層 2 2 が 2 ~ 6 の厚さ t_{11} に形成されるとき、ナノラミネート電極 NE の比抵抗は、インジウム酸化物の比抵抗の 0 . 1 ~ 1 倍の範囲でもある。

30

【0026】

例示的な実施例において、第 1 電極 2 0、誘電層 3 0、及び第 2 電極 4 0 は、MIM タイプのキャパシタを構成し、前記キャパシタは、低周波領域から高周波領域まで全体周波数範囲にわたって相対的に高いキャパシタンス値を有する。例えば、前記キャパシタは、1 kHz で第 1 キャパシタンスを有し、1 MHz で第 2 キャパシタンスを有し、第 2 キャパシタンスは、第 1 キャパシタンスの 50 % より大きく、例えば、第 1 キャパシタンスの 80 % より大きくなる。また、前記キャパシタは、比較例によるキャパシタに比べて (例えば、チタン窒化物を電極として含むキャパシタに比べて) 顕著に低い漏れ電流を有する。

40

【0027】

例示的な実施例において、ナノラミネート電極 NE の第 1 物質層 2 2 が 2 ~ 6 の厚さ t_{11} に形成され、複数の第 1 物質層 2 2 の間にモリブデン酸化物の単層からなる第 2 物質層 2 4 がそれぞれ形成されるとき、ナノラミネート電極 NE は、高い仕事関数、高いキャリア移動度、低い比抵抗、及び低い表面粗さを示し、これを含むキャパシタは、低周波領域から高周波領域まで相対的に高いキャパシタンス値を有するだけでなく、顕著に低い漏れ電流を有する。

【0028】

図 4 は、例示的な実施例によるナノラミネート電極の製造方法 DP を示すタイミング図

50

である。図 5 は、第 1 物質層堆積サイクル D P A を概略的に示すフローチャートであり、図 6 は、第 2 物質層堆積サイクル D P B を概略的に示すフローチャートである。

【 0 0 2 9 】

図 4 ないし図 6 を参照すれば、ナノラミネート電極の製造方法 D P は、原子層積層工程基盤の方法でもあり、例えば、反応チャンバ内で基板に第 1 物質層堆積サイクル D P A と第 2 物質層堆積サイクル D P B を順次に、かつ反復的に遂行することにより、ナノラミネート電極が形成されうる。第 1 物質層堆積サイクル D P A と第 2 物質層堆積サイクル D P B を集合的に物質層ペア(pair)の堆積サイクルとも指称する

例えば、図 4 に図示されたように第 1 物質層の第 1 サイクル D P __ A 1 を先に遂行し、以後、第 2 物質層の第 1 サイクル D P __ B 1 を遂行し、第 1 物質層の第 2 サイクル D P __ A 2、第 2 物質層の第 2 サイクル D P __ B 2 を順次に遂行し、第 1 物質層の k 番目サイクル D P __ A k と第 2 物質層の k 番目サイクル D P __ B k を遂行することにより、ナノラミネート電極が形成されうる。すなわち、物質層ペア(pair)の堆積サイクルを k 回繰り返して遂行しうる。ここで、k の範囲は、ナノラミネート電極の総厚、それぞれのサイクルでの物質層の成長速度などを考慮して決定されうる。

【 0 0 3 0 】

図 5 に図示されたように、第 1 物質層堆積サイクル D P A は、インジウムを含む第 1 金属ソース供給段階 (S 1 2 段階)、パージ段階 (S 1 4 段階)、第 1 酸素ソース供給段階 (S 1 6 段階)、パージ段階 (S 1 8 段階) を順次に含む単位サイクルを含みうる。第 1 物質層堆積サイクル D P A は、第 1 金属ソース供給段階 (S 1 2 段階)、パージ段階 (S 1 4 段階)、第 1 酸素ソース供給段階 (S 1 6 段階)、パージ段階 (S 1 8 段階) を順次に含む単位サイクルを m 回繰り返す段階 (S 2 0 段階) を含みうる。ここで、m は、1 0 ~ 3 0 の範囲でもある。

【 0 0 3 1 】

例示的な実施例において、第 1 金属ソース供給段階 (S 1 2 段階) で反応チャンバ内に第 1 金属ソースが供給され、第 1 金属ソースは、インジウムを含む有機金属前駆体でもある。第 1 金属ソースは、TMI n (trimethyl Indium, $\text{In}(\text{CH}_3)_3$), InCA-1 ([1,1,1-trimethyl-N-(trimethylsilyl)silanaminato]indium), DADI ([3-(dimethylamino)propyl] dimethyl indium), 及び InCp(cyclopentadienyl indium) のうち、少なくとも 1 つを含みうる。一部実施例において、第 1 金属ソースは、DADI でもあるが、それに限定されるものではない。例えば、第 1 金属ソース供給段階 (S 1 2 段階) は、約 0 . 5 ~ 3 秒間遂行されうる。

【 0 0 3 2 】

以後、パージ段階 (S 1 4 段階) において、基板上に吸着されていない余分の第 1 金属ソースがパージ及び / または除去されうる。

【 0 0 3 3 】

第 1 酸素ソース供給段階 (S 1 6 段階) において、反応チャンバ内に第 1 酸素ソースが供給され、第 1 酸素ソースは過酸化水素、酸素、オゾン、酸素プラズマのうち、少なくとも 1 つを含みうる。第 1 酸素ソースは、反応物(reactant)とも指称されうる。第 1 酸素ソース供給段階 (S 1 6 段階) で基板上に吸着された第 1 金属ソースと第 1 酸素ソースとの反応が発生してインジウム酸化物を含む第 1 物質層が形成されうる。例えば、第 1 酸素ソース供給段階 (S 1 6 段階) は、約 1 ~ 約 2 0 秒間遂行されうる。

【 0 0 3 4 】

以後、パージ段階 (S 1 8 段階) において、基板上に吸着されていない余分の第 1 酸素ソースがパージ及び / または除去されうる。

【 0 0 3 5 】

例えば、第 1 金属ソース供給段階 (S 1 2 段階)、パージ段階 (S 1 4 段階)、第 1 酸素ソース供給段階 (S 1 6 段階)、パージ段階 (S 1 8 段階) を順次に含む単位サイクルの間、約 0 . 1 5 ~ 0 . 2 0 厚さのインジウム酸化物が形成されうる。第 1 物質層堆積サイクル D P A で単位サイクルの反復回数である m が 1 0 より小さい場合、第 1 物質層 (

10

20

30

40

50

インジウム酸化物)を結晶化するのに十分な厚さに形成され難く、非晶質化された第1物質層内に m が30より大きい場合、第1物質層(インジウム酸化物)が過度に厚い厚さに形成されてナノラミネート電極が相対的に大きい比抵抗を有するか、相対的に低い仕事関数を有する。

【0036】

図6に図示されたように、第2物質層堆積サイクルDPBは、モリブデンを含む第2金属ソース供給段階(S32段階)、パージ段階(S34段階)、第2酸素ソース供給段階(S36段階)、パージ段階(S38段階)を順次を含む単位サイクルを含みうる。第2物質層堆積サイクルDPBは、第2金属ソース供給段階(S32段階)、パージ段階(S34段階)、第2酸素ソース供給段階(S36段階)、パージ段階(S38段階)を順次

10

【0037】

例示的な実施例において、第2金属ソース供給段階(S32段階)において、反応チャンバ内に第2金属ソースが供給され、第2金属ソースは、モリブデンを含む有機金属前駆体でもある。第1金属ソースは、Bis(tert-butylimido) bis(dimethylamido) molybdenum (TBDMMo)、ビスエチルベンゼンモリブデン(bis(ethylbenzene)molybdenum)、 MoF_6 、 MoCl_6 及び $\text{Mo}(\text{CO})_6$ のうち、少なくとも1つを含みうる。一部実施例において、第2金属ソースは、TBDMMoでもあるが、それに限定されるものではない。例えば、第2金属ソース供給段階(S32段階)は、約0.5~5秒間遂行

20

【0038】

以後、パージ段階(S34段階)において、基板上に吸着されていない余分の第2金属ソースがパージ及び/または除去されうる。

【0039】

第2酸素ソース供給段階(S36段階)において反応チャンバ内に第2酸素ソースが供給され、第2酸素ソースは、過酸化水素、酸素、オゾン、酸素プラズマのうち、少なくとも1つを含みうる。第2酸素ソースは、反応物(reactant)とも指称される。第2酸素ソース供給段階(S36段階)において、第1物質層上に吸着された第2金属ソースと第2酸素ソースとの反応が発生してモリブデン酸化物を含む第2物質層が形成されうる。例えば、第1物質層上にモリブデン酸化物の単層が形成されうる。例えば、第2酸素ソース供給段階(S36段階)は、約1~20秒間遂行されうる。

30

【0040】

以後、パージ段階(S38段階)において、基板上に吸着されていない余分の第2酸素ソースがパージ及び/または除去されうる。

【0041】

例えば、第2金属ソース供給段階(S32段階)、パージ段階(S34段階)、第2酸素ソース供給段階(S36段階)、パージ段階(S38段階)を順次を含む単位サイクルの間、約1以下、または0.15~0.20厚さのモリブデン酸化物が形成されうる。第2物質層堆積サイクルDPBにおいて単位サイクルの反復回数である n は、1でもあ

40

【0042】

一部実施例において、モリブデン酸化物の単層からなる第2物質層は第1物質層上に配置され、連続して連結される単一層からなり、第1物質層の上面上に配置されるアイランド形状の粒子または凝集体として形成されうる。一部実施例において、モリブデン原子が相対的に小さいイオン半径を有することにより、モリブデン原子が第1物質層の内部でインジウム原子が非占有である隙間サイトを占めるように配置されうる。

【0043】

第1物質層堆積サイクルDPAにおいて単位サイクルの反復回数である m と第2物質層堆積サイクルDPBにおいて単位サイクルの反復回数である n の比率は、10:1ないし

50

30 : 1と決定されうる。例えば、第1物質層堆積サイクルDPAと第2物質層堆積サイクルDPBが10 : 1ないし30 : 1の範囲に遂行されるとき、ナノラミネート電極は、高い仕事関数、高いキャリア移動度、低い比抵抗、及び低い表面粗さを有するように形成されうる。

【0044】

以下、図7ないし図17を参照して、第1物質層堆積サイクルDPAと第2物質層堆積サイクルDPBの回数の比率によるナノラミネート電極の物理的性質及び電気的性質を説明する。

実験例1

原子層積層装置内で基板上に第1物質層堆積サイクルDPAと第2物質層堆積サイクルDPBを30 : 1、20 : 1、10 : 1、5 : 1の比率で遂行して総20nm厚さのナノラミネート電極を形成した。比較例として、第1物質層堆積サイクルDPAのみを遂行してインジウム酸化物(In₂O₃)の単一膜電極を形成した。

【0045】

【表1】

番号	In ₂ O ₃ : MoO _x 組成比	サイクル当りの成長速度 (Å)	In ₂ O ₃ 単位厚さ (Å)
比較例	In ₂ O ₃ のみ	0.16	
実施例1	30:1	0.19	5.8
実施例2	20:1	0.20	4.0
実施例3	10:1	0.18	1.8
実施例4	5:1	0.15	0.75

図7は、例示的な実施例によるナノラミネート電極のX線回折分析グラフである。

【0046】

図7を参照すれば、実施例1ないし実施例4のX線回折分析グラフが比較例のX線回折分析グラフと共に図示される。実施例1ないし実施例3は、立方結晶構造を有するインジウム酸化物の(222)面に由来する第1ピークと、(400)面に由来する第2ピークを示した。第1ピークは、30 . 48 ± 0 . 02 °で示され、第2ピークは、35 . 43 ± 0 . 02 °で示された。一方、比較例と実施例4は、(400)面に由来する第2ピークを有していないことが分かる。これは、30 : 1、20 : 1、10 : 1の比率でモリブデン酸化物の単層が形成された実施例1ないし実施例3の場合、モリブデン酸化物単層またはモリブデン原子がインジウム酸化物の結晶化度を向上させる中間層(挿入層)または添加元素として作用するためであると推測しうる。

【0047】

図8は、紫外線光電子分光法(Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy, UPS)によって測定された例示的な実施例によるナノラミネート電極のバインディングエネルギーを示すグラフである。

【0048】

図8を参照すれば、実施例1ないし実施例4のバインディングエネルギーが比較例1(インジウム酸化物)及び比較例2(チタン窒化物)のバインディングエネルギーと共に図示される。紫外線光電子分光法(UPS)によって測定されたバインディングエネルギーから計算された実施例1ないし実施例4、比較例1及び比較例2の仕事関数は、表2に図示される。

【0049】

10

20

30

40

50

【表 2】

番号	$\text{In}_2\text{O}_3 : \text{MoO}_x$ 組成比	バインディングエ ネルギー (eV)	仕事関数 (eV)
比較例1	In_2O_3 のみ	16.31	4.91
比較例2	TiNだけ	16.77	4.45
実施例1	30:1	16.27	4.95
実施例2	20:1	16.19	5.03
実施例3	10:1	16.17	5.05
実施例4	5:1	15.88	5.34

10

表 2 に図示されたように、モリブデンの含量が増加するほど仕事関数が大きくなり、例えば、30:1、20:1、10:1の比率でモリブデン酸化物の単層が形成された実施例 1 ないし実施例 3 の場合、4.95、5.03、5.05 eV の相対的に高い仕事関数を有することを確認することができる。これは、比較例 1 (インジウム酸化物) 及び比較例 2 (チタン窒化物) の仕事関数よりさらに大きい値であることが確認できる。

【0050】

図 9 は、例示的な実施例によるナノラミネート電極の比抵抗、キャリア濃度、移動度を示すグラフである。

【0051】

20

図 9 を参照すれば、実施例 1 ないし実施例 3 の比抵抗、キャリア濃度、移動度は、比較例の比抵抗、キャリア濃度、移動度よりもさらに優れるか、あるいは同等なレベルであることを確認した。特に、20:1 の比率でモリブデン酸化物の単層が形成された実施例 2 は、最も高いキャリア濃度、最も高い電荷移動度 (例えば、 $92.6 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ の電荷移動度) 及び最も低い比抵抗 (例えば、 $240 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ の比抵抗) を示し、電気的特性が最も優れた結果を示した。すなわち、実施例 1 ないし実施例 3 のように 2 ~ 6 厚さのインジウム酸化物層と、モリブデン酸化物の単層が反復的に形成されるナノラミネート電極で最も優れたキャリア濃度と最も低い比抵抗を有することが確認できる。

【0052】

一方、5:1 の比率でモリブデン酸化物の単層が形成された実施例 4 は、比較例よりもさらに低いキャリア濃度、移動度及び最も高い比抵抗を示したが、これは、モリブデンの含量が増加してインジウム酸化物の非晶質化が誘導されたためであるか、またはモリブデンによる散乱効果によって自由キャリア移動度が減少したためであると推測しうる。

30

【0053】

図 10 は、原子間力顕微鏡 (Atomic Force Microscopy, AFM) を使用して測定された例示的な実施例によるナノラミネート電極の表面モルフォロジーを示すイメージである。

【0054】

図 10 を参照すれば、比較例より実施例 1 及び実施例 2 がさらに大きい表面粗さ値を有する。すなわち、実施例 1 及び実施例 2 において、モリブデンの含量が増加するほどインジウム酸化物層の結晶化度向上が誘導されて表面粗さ値が増加し、逆に、実施例 4 は、最も小さい表面粗さ値を有する。これは、モリブデン含量が相対的に多い、5:1 の比率でモリブデン酸化物の単層が形成された実施例 4 の場合、非晶質化が誘導されることにより、表面粗さが最も減少したと推測しうる。

40

【0055】

一方、実施例 1 ないし実施例 4 がいずれも 1 nm 以下の表面粗さを有し、これは、誘電層とナノラミネート電極との界面でトラップサイトを減らし、漏れ電流を減少させるのに十分に低い値でもある。

実験例 2

原子層積層装置内で基板上に実施例と比較例によるキャパシタを形成した。

50

【 0 0 5 6 】

【 表 3 】

	比較例	実施例
下部電極	TiN 20 nm	In ₂ O ₃ : MoO _x = 20:1, 20 nm
誘電層	TiO ₂ 21 nm	TiO ₂ 21 nm
上部電極	Ag 44 nm	Ag 44 nm

図 1 1 は、比較例によるキャパシタの走査電子顕微鏡(scanning electron microscopy)イメージであり、図 1 2 は、実施例によるキャパシタの走査電子顕微鏡イメージである。

10

【 0 0 5 7 】

図 1 1 及び図 1 2 を参照すれば、比較例及び実施例の下部電極がいずれも基板全体をカバーする連続した物質層であって、均一な厚さに形成されることが確認できる。また、下部電極と誘電層との界面もボイドやシーム(seam)のような界面不良要素なしに優れた界面特性を有することを確認することができる。

【 0 0 5 8 】

図 1 3 は、比較例によるキャパシタのエネルギーバンドダイアグラム E B _ C O の概略図であり、図 1 4 は、実施例によるキャパシタのエネルギーバンドダイアグラム E B _ E X の概略図である。

20

【 0 0 5 9 】

図 1 3 を参照すれば、比較例によるキャパシタは、下部電極 (T i N) の仕事関数 W F 1 が 4 . 5 e V で、下部電極 T i N の仕事関数 W F 1 は、誘電層 (T i O 2) のコンダクションバンド E C である 4 . 2 e V と相対的に小さい差を有する。これにより、下部電極と誘電層との界面で、バンドオフセット B O _ 1 が相対的に小さい値を有する。下部電極と誘電層との界面でのバンドオフセットが小さい場合、熱電子放出による漏れ電流が発生しうる。

【 0 0 6 0 】

図 1 4 を参照すれば、実施例によるキャパシタは、下部電極 (I n 2 O 3 : M o O x) の仕事関数 W F 2 が 4 . 9 5 ~ 5 . 0 5 e V であり、誘電層 (T i O 2) のコンダクションバンド E C である 4 . 2 e V と相対的に大きい差を有する。これにより、下部電極と誘電層との界面で、バンドオフセット B O _ 2 が相対的に大きい値を有する。下部電極と誘電層との界面でのバンドオフセットが大きい場合、熱電子放出による漏れ電流の発生が顕著に減少するか、防止されうる。

30

【 0 0 6 1 】

図 1 5 は、例示的な実施例によるキャパシタの周波数に係わるキャパシタンスを示すグラフであり、図 1 6 は、例示的な実施例によるキャパシタの高周波領域でのキャパシタンスを示すグラフである。

【 0 0 6 2 】

図 1 5 及び図 1 6 を参照すれば、比較例によるキャパシタは、低周波領域で 8 0 0 p F 以上の大きなキャパシタンス値を有するが、周波数が増加することにより、キャパシタンス値が漸進的に減少して 1 M H z の高周波領域では、 2 4 0 p F 以下のキャパシタンス値を有した。一方、実施例によるキャパシタは、低周波領域で 9 5 0 p F 以上の大きなキャパシタンス値を有し、周波数が増加しても、キャパシタンス値がほぼ一定に保持され、 1 M H z の高周波領域では、約 8 0 0 p F 以下のキャパシタンス値を有した。

40

【 0 0 6 3 】

すなわち、低周波領域で実施例のキャパシタンス値が比較例に比べてさらに大きい、顕著な差を有するものではないが、高周波領域で実施例のキャパシタンス値は、比較例の 3 倍に該当する顕著に大きな値を有することを確認することができる。

【 0 0 6 4 】

50

一般的に、低周波領域において等価直列抵抗(equilibrium series resistance)成分は、誘電緩和による誘電損失に該当する値を示し、周波数が増加することにより、直列抵抗とインダクタンスの影響が支配的になり、静電容量が減少し、等価直列抵抗は、電極による損失の影響を受けると知られている。実施例による下部電極は、1 MHzにおいて0.243の誘電損失係数を有するが、一方、比較例による下部電極は、1.31の誘電損失係数を有する。したがって、高周波領域において実施例による下部電極は、比較例による下部電極より顕著に低い誘電損失係数を有するので(すなわち、実施例による下部電極のキャリア移動度が高く、比抵抗が小さいために)、実施例による下部電極は、高いキャパシタンス値を有すると推測しうる。

【0065】

10

図17は、例示的な実施例によるキャパシタの電流密度対電圧特性を示すグラフである。

【0066】

図17を参照すれば、比較例によるキャパシタは、1000 mVにおいて 1.75×10^{-5} の漏れ電流密度を示すが、一方、実施例によるキャパシタは、1000 mVにおいて 6.03×10^{-9} の漏れ電流を示し、これは、比較例に比べて、約3000倍低い値であった。

【0067】

誘電層として使用されたチタン酸化物の狭いバンドギャップは、誘電層と下部電極との界面からショットキー放出によった大きい漏れ電流を発生させうるが、例示的な実施例による下部電極($\text{In}_2\text{O}_3:\text{MoO}_x$)は、高い仕事関数を有するので、下部電極と誘電層との間の電位障壁を増加させて漏れ経路を効果的に遮断し、これにより、キャパシタの漏れ電流が減少すると推測しうる。

20

【0068】

図18は、例示的な実施例による半導体装置100を示す断面図である。図19は、図18のA部分の拡大図である。

【0069】

図18及び図19を参照すれば、半導体装置100は、DRAM素子を含み、基板110上に形成されたセルトランジスタ(図示省略)と、セルトランジスタに電気的に連結されたキャパシタCAPを含みうる。

30

【0070】

基板110上には、下部絶縁層112が配置され、基板110上には、下部絶縁層112を貫通してコンタクト構造物114が配置されうる。コンタクト構造物114は、導電物質を含みうる。下部絶縁層112上には、コンタクト構造物114の上面を露出する開口部を備えるエッチング停止膜116が配置されうる。

【0071】

エッチング停止膜116上にキャパシタCAPが配置されうる。キャパシタCAPは、下部電極120、誘電層130、及び上部電極140を含みうる。下部電極120は、シリンダ形状を有し、下部電極120の底部の側壁がエッチング停止膜116によって取り囲まれ、下部電極120の底部は、コンタクト構造物114の上面上に配置されうる。下部電極120は、垂直方向に相対的に高い高さに形成されうるか、あるいは大きな縦横比を有し、下部電極120の側壁上に支持部材118が配置されうる。誘電層130の下部電極120の内壁及び外壁上にコンフォーマルに配置されうる。誘電層130上に上部電極140が下部電極120をカバーするように配置されうる。

40

【0072】

例示的な実施例において、下部電極120は、交互に配置される複数の第1物質層122及び複数の第2物質層124を含みうる。下部電極120は、図2に基づいて説明したナノラミネート電極NEと類似した構造を有する。例えば、複数の第1物質層122は、2~6厚さのインジウム酸化物を含み、複数の第2物質層124は、モリブデン酸化物で構成された単層を含みうる。

50

【0073】

例示的な実施例において、誘電層130は、高誘電率物質である金属酸化物を含みうる。一部実施例において、誘電層130は、チタン酸化物を含みうる。他の実施例において、誘電層130は、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物、ニオブ酸化物、タンタル酸化物、イットリウム酸化物、ストロンチウムチタン酸化物、バリウムストロンチウムチタン酸化物、スカンジウム酸化物、及びランタン族酸化物のうち、少なくとも1つを含みうる。

【0074】

例示的な実施例において、上部電極140は、交互に配置される複数の第1物質層142及び複数の第2物質層144を含みうる。上部電極140は、図3を参照して説明したナノラミネート電極NEと類似した構造を有する。例えば、複数の第1物質層142は、2~6厚さのインジウム酸化物を含み、複数の第2物質層144は、モリブデン酸化物で構成された単層を含みうる。

【0075】

図20は、例示的な実施例による半導体装置100Aを示す断面図である。

【0076】

図20を参照すれば、下部電極120は、交互に配置される複数の第1物質層122及び複数の第2物質層124を含むナノラミネート電極でもあり、上部電極140Aは、ルテニウム(Ru)、チタン(Ti)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、イリジウム(Ir)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)などの金属、チタン窒化物(TiN)、タンタル窒化物(TaN)、ニオブ窒化物(NbN)、モリブデン窒化物(MoN)、タングステン窒化物(WN)などの導電性金属窒化物、及びイリジウム酸化物(IrO₂)、ルテニウム酸化物(RuO₂)、ストロンチウムルテニウム酸化物(SrRuO₃)などの導電性金属酸化物のうちから選択された少なくとも1つを含みうる。

【0077】

図21は、例示的な実施例による半導体装置100Bを示す断面図である。

【0078】

図21を参照すれば、下部電極120Aは、コンタクト構造物114の上面上に配置され、垂直方向に延びるピラー形状を有する。誘電層130は、下部電極120Aの上面及び側壁上にコンフォーマルに配置されうる。

【0079】

例示的な実施例において、下部電極120Aは、垂直方向に延びる一体型物質層を含み、下部電極120Aは、図1ないし図3を参照して説明したナノラミネート電極NEを含みうる。例示的な実施例による製造方法によれば、基板上にピラー形状の開口部を具備するモールド絶縁層を形成し、前記開口部内に図4ないし図6を参照して説明した製造方法を使用し、図1ないし図3を参照して説明したナノラミネート電極NEを形成することにより、下部電極120Aが形成されうる。

【0080】

他の例示的な実施例において、下部電極120Aは、垂直方向に延びるベースピラーと、前記ベースピラーの側壁及び上面上にコンフォーマルに配置される電極層を含みうる。前記ベースピラーは、ルテニウム(Ru)、チタン(Ti)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、イリジウム(Ir)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)などの金属、チタン窒化物(TiN)、タンタル窒化物(TaN)、ニオブ窒化物(NbN)、モリブデン窒化物(MoN)、タングステン窒化物(WN)などの導電性金属窒化物、及びイリジウム酸化物(IrO₂)、ルテニウム酸化物(RuO₂)、ストロンチウムルテニウム酸化物(SrRuO₃)などの導電性金属酸化物のうちから選択された少なくとも1つを含み、前記電極層は、図1ないし図3を参照して説明したナノラミネート電極NEを含みうる。

【0081】

図22は、例示的な実施例による半導体装置200を示す断面図である。

【 0 0 8 2 】

図 2 2 を参照すれば、半導体装置 2 0 0 は、半導体基板 2 1 0 に形成された複数の光電変換領域 P D を含み、半導体基板 2 1 0 の前面 (front face) 上に配置されたキャパシタ C A P を含むグローバルシャッタータイプのイメージセンサでもある。伝送ゲート T G は、半導体基板 2 1 0 内に延びるように配置され、光電変換領域 P D に保存された光電子を制御するように構成されうる。半導体基板 2 1 0 の前面には、ピクセルトランジスタがさらに形成され、ピクセルトランジスタがキャパシタ C A P に電氣的に連結されてそれぞれのピクセルの光電変換領域 P D から伝達された電荷がキャパシタ C A P に保存されうる。キャパシタ C A P は、下部電極 2 2 0、誘電層 2 3 0、及び上部電極 2 4 0 を含み、下部電極 2 2 0 及び上部電極 2 4 0 のうち、少なくとも 1 つは、図 1 ないし図 3 を参照して説明したナノラミネート電極 N E を含みうる。半導体基板 2 1 0 の前面には、前面配線層 F L が配置され、前面配線層 F L 及びキャパシタ C A P をカバーする前面絶縁層 F I が配置され、半導体基板 2 1 0 の背面には、カラーフィルタ C F とマイクロレンズ M L が配置されうる。

【 0 0 8 3 】

以上、図面及び明細書において例示的な実施例が開示された。本明細書において特定の用語を使用して実施例が説明されたが、これは、単に本開示の技術的思想を説明するために使用されたものであって、意味限定や特許請求の範囲に記載の本開示の範囲を制限するために使用されたものではない。したがって、当該技術分野の通常の知識を有する者であれば、それらから多様な変形及び均等な他の実施例が可能であるという点を理解するであろう。したがって、本開示の真の技術的保護範囲は、特許請求の範囲の技術的思想によって決定されねばならない。

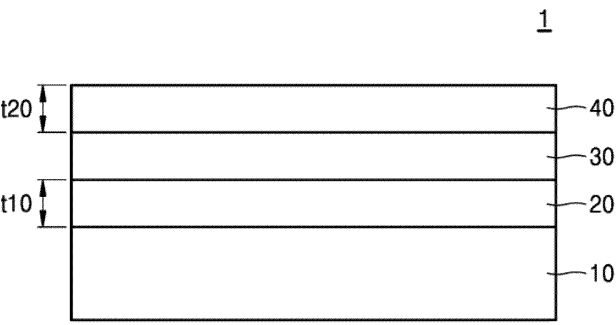
【 符号の説明 】

【 0 0 8 4 】

- 1 0 基板
- 2 0 第 1 電極
- 2 2 第 1 物質層
- 2 4 第 2 物質層
- 3 0 誘電層
- 4 0 第 2 電極
- t 1 0、t 2 0
- 1 0 ~ 5 0 n m の厚さ

【 図面 】

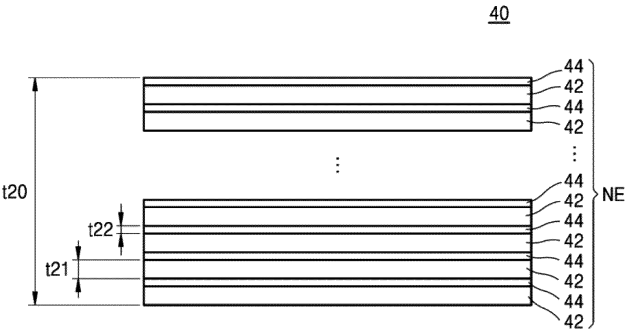
【 図 1 】



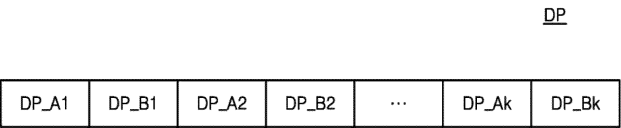
【 図 2 】



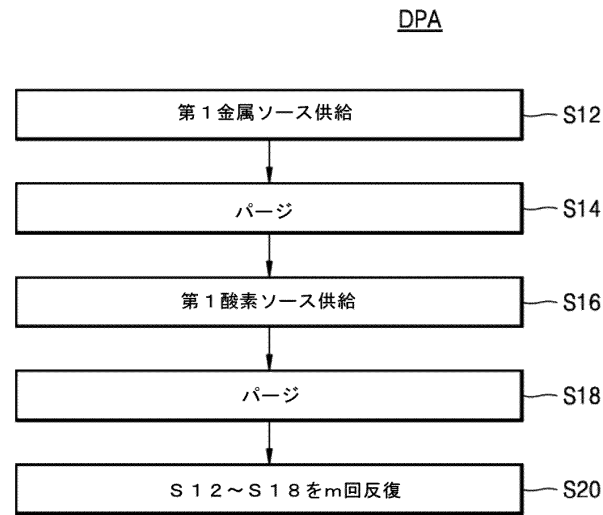
【図 3】



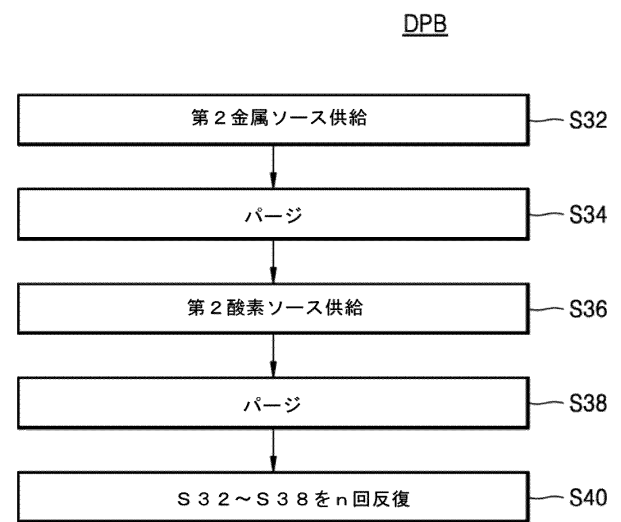
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

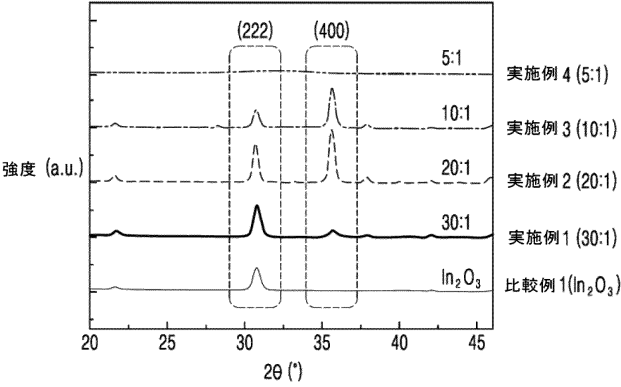
20

30

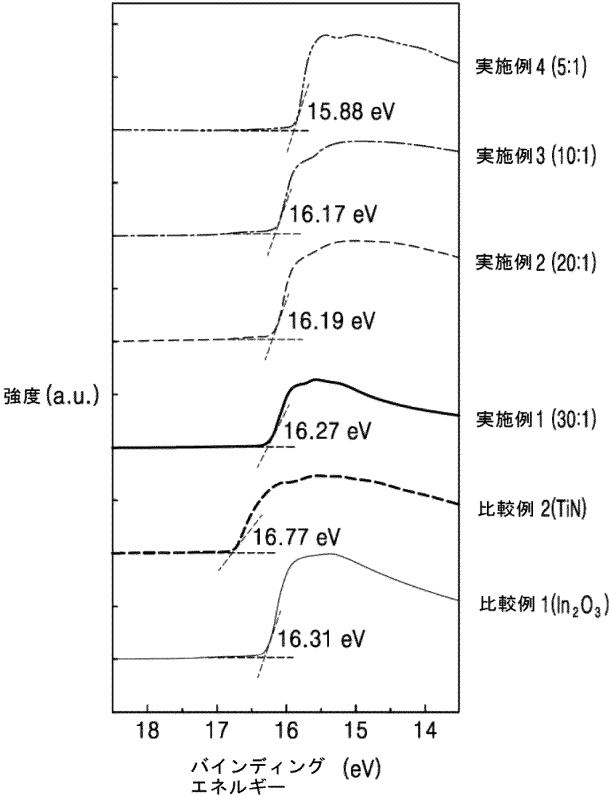
40

50

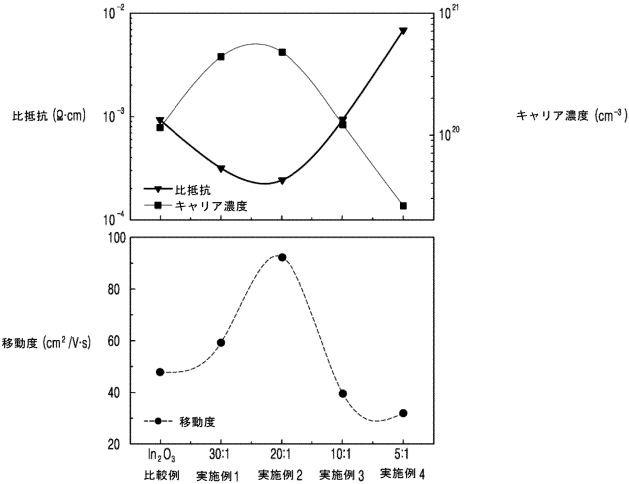
【 図 7 】



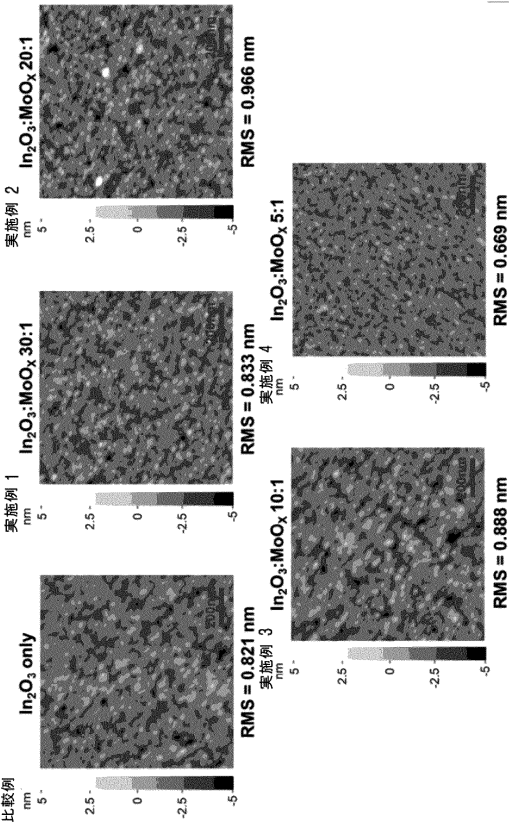
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



10

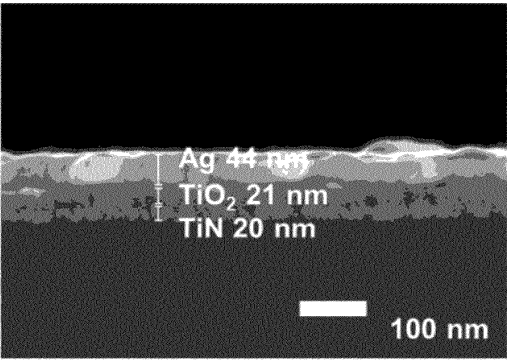
20

30

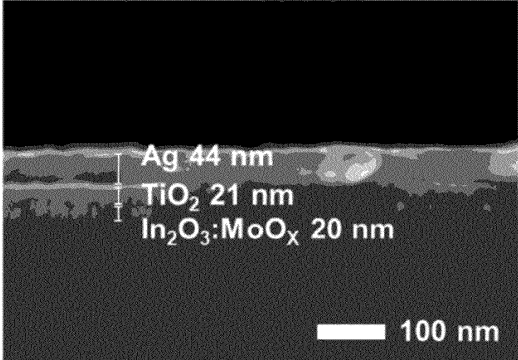
40

50

【図 1 1】

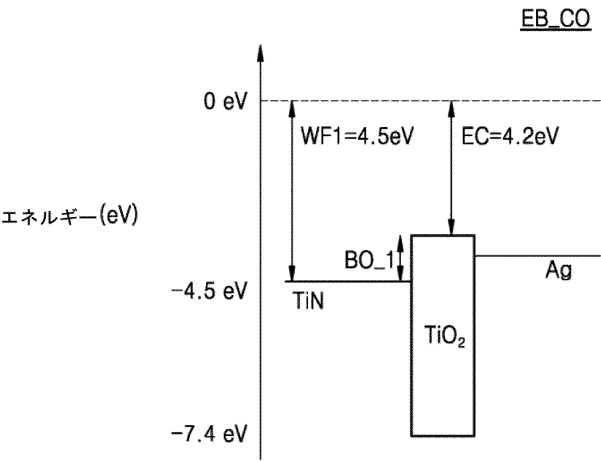


【図 1 2】

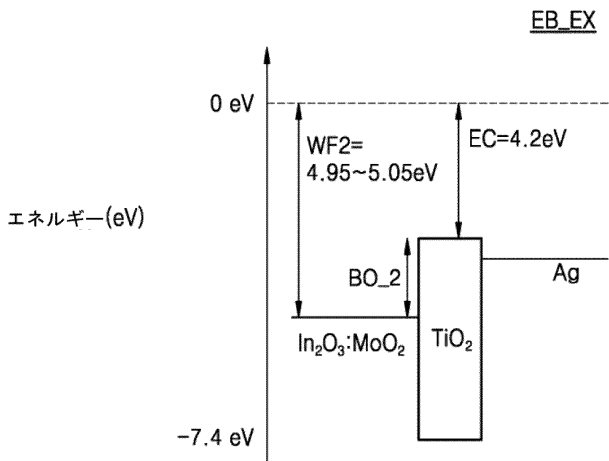


10

【図 1 3】

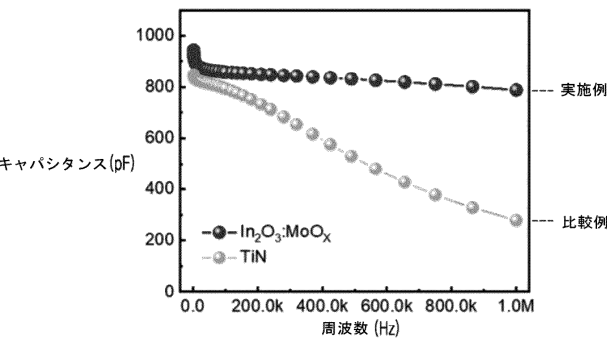


【図 1 4】

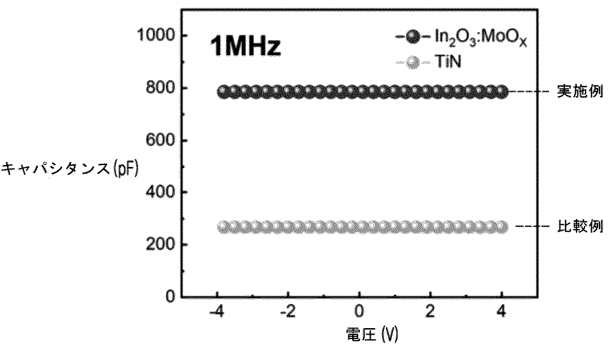


20

【図 1 5】



【図 1 6】

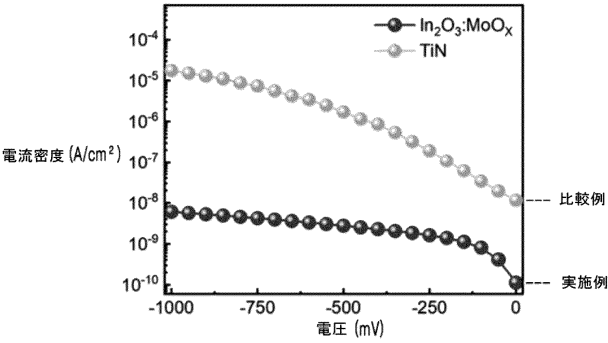


30

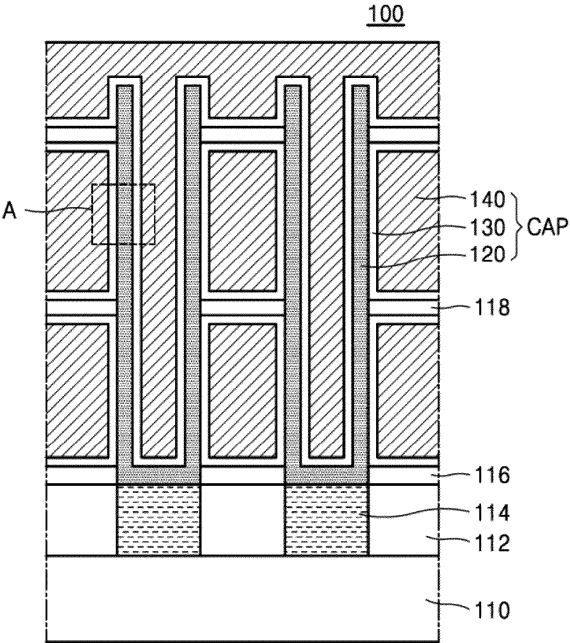
40

50

【図 17】

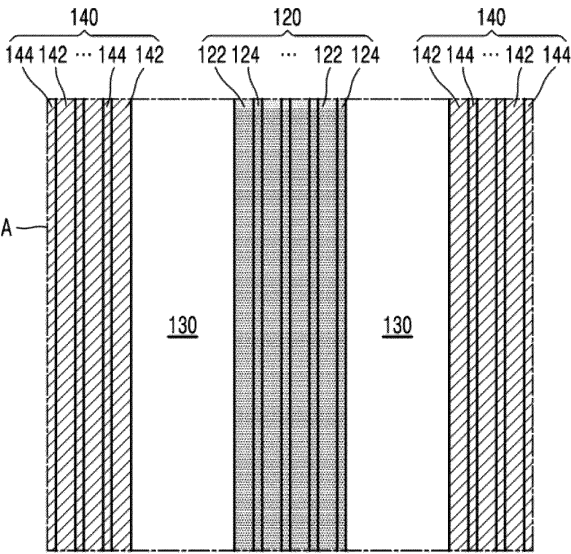


【図 18】

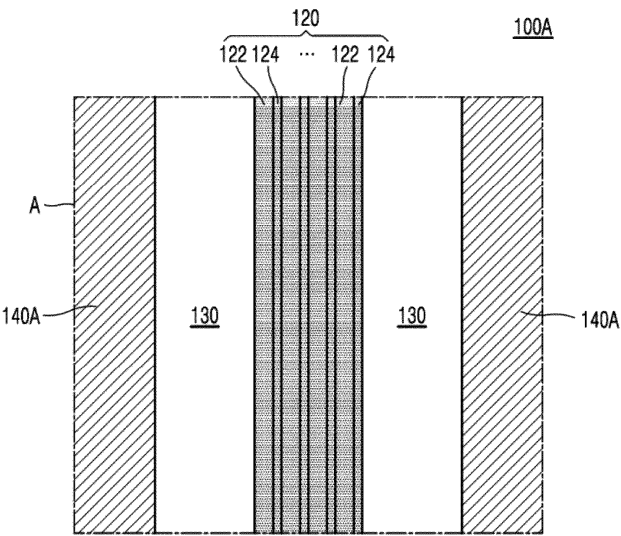


10

【図 19】



【図 20】

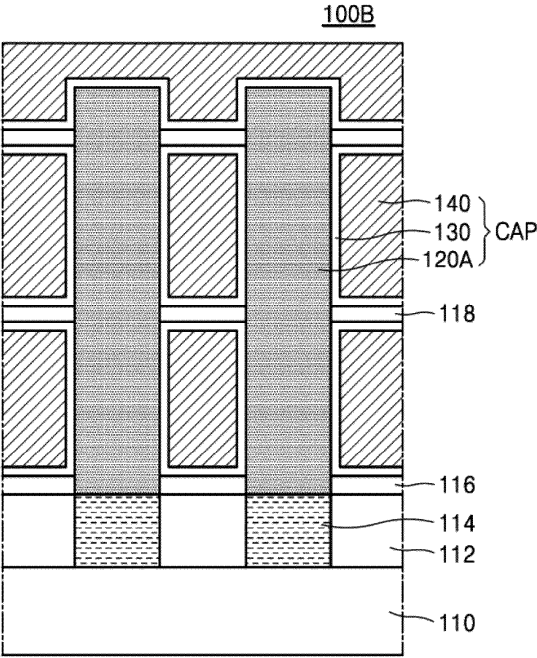


30

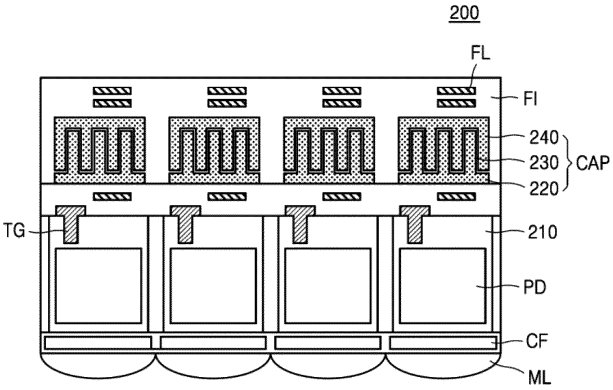
40

50

【 2 1 】



【 2 2 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

FOUNDATION
大韓民国ソウル城北区安岩路 1 4 5
1 4 5 , A n a m - r o , S e o n g b u k - g u , S e o u l , K o r e a
(74)代理人 100107766
弁理士 伊東 忠重
(74)代理人 100229448
弁理士 中槇 利明
(72)発明者 金 泰均
大韓民国京畿道水原市靈通区三星路 1 2 9
(72)発明者 沈 載垣
大韓民国京畿道水原市靈通区三星路 1 2 9
(72)発明者 鄭 在陳
大韓民国京畿道水原市靈通区三星路 1 2 9
F ターム (参考) 5F038 AC05 AC15 EZ14 EZ20
5F083 AD25 GA09 JA42