

(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2005-123243  
(P2005-123243A)

(43) 公開日 平成17年5月12日(2005.5.12)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/8242	HO 1 L 27/10 6 2 1 B	4 M 1 O 4
HO 1 L 21/28	HO 1 L 21/28 L	5 F O 3 3
HO 1 L 21/768	HO 1 L 21/90 C	5 F O 8 3
HO 1 L 27/108	HO 1 L 27/10 6 8 1 F	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2003-353599 (P2003-353599)	(71) 出願人	503121103 株式会社ルネサステクノロジ 東京都千代田区丸の内二丁目4番1号
(22) 出願日	平成15年10月14日(2003.10.14)	(74) 代理人	100064746 弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132 弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703 弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781 弁理士 堀井 豊
		(74) 代理人	100098316 弁理士 野田 久登
		(74) 代理人	100109162 弁理士 酒井 将行
		最終頁に続く	

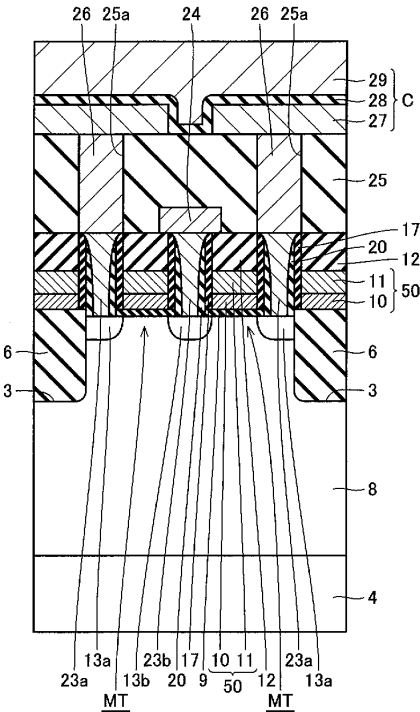
(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 写真製版プロセスのマージンを大幅に拡大でき、かつマイクロローディング効果を低減することによって「開口不良」を抑制できるとともに「ショート」のプロセス裕度を確保しやすくし、かつコンタクト抵抗を低減できる半導体装置およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の半導体装置は、活性領域を有するシリコン基板4と、1対のソース/ドレイン領域13a、13bおよびゲート電極層50を有するメモリトランジスタMTと、ゲート電極層50上にてゲート電極層50と同一の平面パターン形状を有するハードマスク層12と、それぞれが1対のソース/ドレイン領域13a、13bの各々に電気的に接続されたプラグ導電層23a、23bとを備えている。活性領域の延びる方向はゲート電極層50の延びる方向に対して直交せずに傾斜しており、ハードマスク層12の上面とプラグ導電層23a、23bの各上面とは実質的に同一の平面を構成している。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

主表面を有し、かつ前記主表面において素子分離構造によって囲まれた活性領域を有する半導体基板と、

前記活性領域の表面に形成された 1 対のソース/ドレイン領域と、前記 1 対のソース/ドレイン領域に挟まれる領域上に位置しかつ前記活性領域を横切って延びるゲート電極層とを有するトランジスタと、

前記ゲート電極層上に形成され、かつ前記ゲート電極層と同一の平面パターン形状を有するハードマスク層と、

それぞれが前記 1 対のソース/ドレイン領域の各々に電氣的に接続された第 1 および第 2 のプラグ導電層とを備え、

前記活性領域の延びる方向は前記ゲート電極層の延びる方向に対して直交せずに傾斜しており、

前記ハードマスク層の上面と前記第 1 および第 2 のプラグ導電層の各上面とは実質的に同一の平面を構成している、半導体装置。

**【請求項 2】**

素子分離構造によって囲まれた活性領域上を横切って延びるように、かつ前記活性領域の延びる方向に対して直交せずに傾斜して延びるように、ゲート電極層とハードマスク層とが順に積層された積層パターンを形成する工程と、

前記活性領域の表面において前記ゲート電極層を挟むように 1 対のソース/ドレイン領域を形成する工程と、

前記ゲート電極層と前記 1 対のソース/ドレイン領域とを有するトランジスタ上を覆うように絶縁膜を形成する工程と、

前記活性領域全体の上方領域において帯状の開口パターンを前記絶縁膜に形成し、前記開口パターンから前記 1 対のソース/ドレイン領域の各々を露出させる工程と、

前記開口パターンをプラグ用導電層で埋め込む工程と、

前記ハードマスク層の上面が露出するまで前記プラグ用導電層と前記絶縁膜とを除去することにより、前記プラグ用導電層から前記 1 対のソース/ドレイン領域の各々に電氣的に接続された第 1 および第 2 のプラグ導電層を形成するとともに、前記第 1 および第 2 のプラグ導電層の各上面と前記ハードマスク層の上面とを実質的に同一平面とする工程とを備えた、半導体装置の製造方法。

**【請求項 3】**

前記帯状の開口パターンは、直線状の平面パターンを有することを特徴とする、請求項 2 に記載の半導体装置の製造方法。

**【請求項 4】**

前記帯状の開口パターンは、非直線状の平面パターンを有することを特徴とする、請求項 2 に記載の半導体装置の製造方法。

**【請求項 5】**

前記開口パターンから前記 1 対のソース/ドレイン領域の各々を露出させた後に、前記絶縁膜の幅が細くなるように前記絶縁膜を除去する工程をさらに備えたことを特徴とする、請求項 2 ~ 4 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、半導体装置およびその製造方法に関し、特に自己整合コンタクト構造を有する半導体装置およびその製造方法に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

半導体装置の集積度の増加に伴い、配線幅は細くなり、配線間のスペースも次第に狭くなってきた。したがって、上下配線間を接続するコンタクトホールを形成するためには、

10

20

30

40

50

隣合う配線間のスペース幅よりも微細なホール径でコンタクトホールを形成することが必要となっている。すなわち、隣合う配線間のスペースが  $0.25\ \mu\text{m}$  のデザインルールで要求されるコンタクトホールのホール径  $C$  は、写真製版処理工程の重ね合わせ精度 ( = ) と寸法精度 ( = ) を考慮すれば、 $C = 0.25 - f ( , )\ \mu\text{m}$  が必要とされ、露光装置の光源の波長で決まる微細化の限界を超えるようになっている。

#### 【0003】

このような問題を解決するために、 $0.25\ \mu\text{m}$  ルールの半導体装置が製造される頃から自己整合コンタクト技術が利用されるようになった。

#### 【0004】

D R A M ( Dynamic Random Access Memory ) では、メモリセルアレイ内のワード線間に形成されるビット線コンタクトとストレージノードコンタクトとに自己整合コンタクト技術が用いられる場合が最も多い。この場合に重要なことは、ワード線に電氣的に短絡させることなく、メモリセルトランジスタのソース/ドレイン領域にビット線またはストレージノードを如何に低抵抗で接続するかということである。

#### 【0005】

以下、背景技術の自己整合コンタクトを用いた製造方法について説明する。

#### 【0006】

素子分離領域に堆積されたシリコン酸化膜によって電氣的に分離された活性領域が形成される。この活性領域に形成されたゲート絶縁膜上に D R A M のワード線となるゲート電極が形成される。このゲート電極とその上の窒化膜ハードマスクとが、ハードマスクと同じ窒化膜で形成されるエッチング阻止膜で被覆される。次に、ボロンおよびリンの不純物を含むシリコン酸化膜でゲート電極が覆われた後、そのシリコン酸化膜の表面が平坦化される。

#### 【0007】

次いで、ボロンおよびリンの不純物を含むシリコン酸化膜が選択的にエッチングされてエッチング阻止膜が露出される。この露出したエッチング阻止膜をエッチングすることにより、1 対のソース/ドレイン領域を露出するコンタクトホールが形成される。この露出した 1 対のソース/ドレイン領域の各々に接するように、 $n$  型不純物をドーブした多結晶シリコン膜が形成される。これにより、ビット線とソース/ドレイン領域の一方とを電氣的に接続するビット線コンタクトと、ストレージノードとソース/ドレイン領域の他方とを電氣的に接続するストレージノードコンタクトとが形成される。このとき、ソース/ドレイン領域とゲート電極とを電氣的に絶縁したまま、ビット線またはストレージノードをソース/ドレイン領域に接続することが可能となる。

#### 【0008】

自己整合コンタクトを用いた製造方法は、たとえば特開 2 0 0 0 - 3 5 3 7 9 3 号公報に開示されている。

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 3 5 3 7 9 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

上述した背景技術では、ゲート電極間のスペースが著しく狭くなる  $0.13\ \mu\text{m}$  のデザインルール以下において、ビット線コンタクトとストレージノードコンタクトとのホール径の違いから生じるマイクロローディング効果によって、「開口不良」の問題、もしくはゲート電極と多結晶シリコン膜との電氣的な「ショート」のプロセス裕度を確保することが困難となる問題が生じている。以下、そのことを説明する。

#### 【0010】

マイクロローディング効果によって、ホール径の小さい側のコンタクトホールのエッチングが進行し難くなる。このため、ホール径の大きい側のコンタクトホールに適した条件でエッチングを行なうと、ホール径の小さい側のコンタクトホールにおいて十分にエッチングが進行せずに「開口不良」が生じる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 1 】

一方、ホール径の小さい側のコンタクトホールに適した条件でエッチングを行なうと、ホール径の大きい側のコンタクトホールにおいて過度にエッチングが進行する。これにより、シリコン酸化膜だけでなくシリコン窒化膜よりなるエッチング阻止膜が大幅に除去されてゲート電極が露出する。この状態で、コンタクトホール内に多結晶シリコン膜を形成すると、ゲート電極と多結晶シリコン膜との電氣的な「ショート」が生じる。このような「ショート」を防止するためには、エッチング阻止膜の膜厚を厚くする必要があり、エッチング阻止膜の膜厚を薄膜化させることが困難になる。

## 【 0 0 1 2 】

また、ストレージノードコンタクトとビット線コンタクトとのパターンピッチがスケールリングされフォトリソパターンを形成する難易度も高い。この場合、ホール径が小さいと、コンタクト抵抗が増大し、大きくすると孔繋がり（電氣的ショート）が発生するという問題が生じている。

## 【 0 0 1 3 】

ましてや、DRAMではメモリセルトランジスタのチャネル幅が縮小されて、電流駆動能力も低下するために、安定にセル動作させるためには、微細化されるにも拘らずコンタクト抵抗は前世代と同等もしくはそれ以下に低抵抗化させることが必要となっており従来技術のブレークスルーが必要である。

## 【 0 0 1 4 】

本発明は、上記のような問題点を解決するためになされたもので、その目的は写真製版プロセスのマージンを大幅に拡大でき、かつマイクロローディング効果を低減することによって「開口不良」を抑制できるとともに「ショート」のプロセス裕度を確保しやすくし、かつコンタクト抵抗を低減できる半導体装置およびその製造方法を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 5 】

本発明の半導体装置は、半導体基板と、トランジスタと、ハードマスク層と、第1および第2のプラグ導電層とを備えている。半導体基板は、主表面を有し、かつ主表面において素子分離構造によって囲まれた活性領域を有している。トランジスタは、活性領域の表面に形成された1対のソース/ドレイン領域と、その1対のソース/ドレイン領域に挟まれる領域上に位置しかつ活性領域を横切って延びるゲート電極層とを有している。ハードマスク層は、ゲート電極層上に形成され、かつゲート電極層と同一の平面パターン形状を有している。第1および第2のプラグ導電層は、それぞれが1対のソース/ドレイン領域の各々に電氣的に接続されている。活性領域の延びる方向はゲート電極層の延びる方向に対して直交せずに傾斜している。ハードマスク層の上面と第1および第2のプラグ導電層の各上面とは実質的に同一の平面を構成している。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 6 】

本発明の半導体装置によれば、活性領域はゲート電極層の延びる方向に対して直交せずに傾いて延びているため、ゲート電極層に対して直交する場合と比較して、活性領域同士のピッチを大きく確保することが可能となる。このため、写真製版プロセスのマージンが大幅に拡大し、長波長の露光光による写真製版が可能となったり、あるいは低NA（開口率）の露光装置が使用可能となるため、コスト削減が容易となる。

## 【 0 0 1 7 】

また、ハードマスク層の上面と第1および第2のプラグ導電層の各上面とが実質的に同一の平面を構成しているため、各上面間に段差は生じない。このため、ハードマスク層と第1および第2のプラグ導電層との上方に形成した層の上面も平坦にすることが容易となり、その層の写真製版などによるパターンニングなどが容易になる。このように次工程でのプロセスマージンが確保できる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 8 】

以下、本発明の実施の形態について図に基づいて説明する。

## 【 0 0 1 9 】

( 実施の形態 1 )

図 1 は本発明の実施の形態 1 における半導体装置の構成を示す概略平面図であり、D R A Mのメモリセルアレイ内の一部を示している。また、図 2 は図 1 の I I - I I 線に沿う概略断面図である。

## 【 0 0 2 0 】

主に図 1 を参照して、たとえばD R A Mのメモリセルアレイ内においては、複数のワード線（ゲート電極層）5 0 の各々と複数のビット線 2 4 の各々とが互いに直交するように配置されている。各ワード線 5 0 と各ビット線 2 4 との交差部付近にはメモリセルが配置されている。メモリセルトランジスタは活性領域（フィールド）に形成されており、この活性領域は複数個配置されている。

10

## 【 0 0 2 1 】

主に図 2 を参照して、複数の活性領域の各々は、たとえばシリコン基板よりなる半導体基板 4 の表面において素子分離構造によって周囲を囲まれている。この素子分離構造は、たとえばS T I（Shallow Trench Isolation）構造よりなっている。このS T I構造は、半導体基板 4 表面に形成されたシャロウトレンチ（溝）3 と、そのシャロウトレンチ 3 を埋め込む埋込み絶縁層（たとえばシリコン酸化膜）6 とを有している。

## 【 0 0 2 2 】

20

メモリセルは、M O S F E T（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）よりなるメモリトランジスタM Tと、キャパシタCとを有している。

## 【 0 0 2 3 】

メモリトランジスタM Tは、1 対のソース/ドレイン領域 1 3 a、1 3 bと、ゲート絶縁膜 9 と、ゲート電極層 5 0 とを有している。1 対のソース/ドレイン領域 1 3 a、1 3 bは、たとえばn型の導電性を有し、かつp型ウエル 8 の表面に互いに距離を隔てて形成されている。ゲート電極層 5 0 は、1 対のソース/ドレイン領域 1 3 a、1 3 bに挟まれる領域上にゲート絶縁膜 9 を介在して形成されている。ゲート絶縁膜 9 はたとえばシリコン酸化膜よりなり、ゲート電極層 5 0 はたとえば不純物の導入された多結晶シリコン膜（以下、ドーフトポリシリコン膜と称する）1 0 と、金属膜（たとえばタングステン）1 1 との積層構造よりなっている。

30

## 【 0 0 2 4 】

このゲート電極層 5 0 上には、ゲート電極層 5 0 と同一の平面パターン形状を有するハードマスク層 1 2 が形成されている。また、ゲート電極層 5 0 とハードマスク層 1 2 との側壁には、サイドウォール形状の側壁絶縁膜 1 7、2 0 が形成されている。

## 【 0 0 2 5 】

1 対のソース/ドレイン領域 1 3 a、1 3 bの各々には、たとえばn型のドーフトポリシリコンよりなるプラグ導電層 2 3 a、2 3 bの各々が電氣的に接続されている。プラグ導電層 2 3 bには、ビット線 2 4 が電氣的に接続されている。メモリトランジスタM T、ビット線 2 4 などを覆うように層間絶縁膜 2 5 が形成されている。この層間絶縁膜 2 5 には、孔 2 5 a が形成されており、この孔 2 5 a 内は埋め込み導電層 2 6 によって埋め込まれている。

40

## 【 0 0 2 6 】

キャパシタCは、ストレージノード（下部電極）2 7 と、キャパシタ誘電体膜 2 8 と、セルプレート（上部電極）2 9 とを有している。ストレージノード 2 7 は、層間絶縁膜 2 5 上に形成されており、埋め込み導電層 2 6 とプラグ導電層 2 3 a とを介してソース/ドレイン領域 1 3 a に電氣的に接続されている。セルプレート 2 9 は、キャパシタ誘電体膜 2 8 を介してストレージノード 2 7 と対向するように形成されている。

## 【 0 0 2 7 】

上記の構成において、活性領域は、図 1 に示すようにワード線（ゲート電極層）5 0 の

50

延びる方向に対して直交せずに傾くように延びている。つまり、活性領域は、１対のソース／ドレイン領域の一方側から他方側へ向かう方向に長く延びた形状を有しており、その活性領域の延びる方向はワード線（ゲート電極層）５０の延びる方向に直交する方向に対して角度 だけ傾いている。なお、ワード線（ゲート電極層）５０は、活性領域を横切って延びている。

【００２８】

また、図２に示すように、プラグ導電層２３ａ、２３ｂの各上面と、ハードマスク層１２の上面と、後述するＢＰＴＥＯＳ（boro phospho tetra etyle ortho silicate）酸化膜２１の上面とは実質的に同一の平面を構成している。つまり、プラグ導電層２３ａ、２３ｂの各上面と、ハードマスク層１２の上面と、ＢＰＴＥＯＳ酸化膜２１の上面とは、同一の平面内に位置している。 10

【００２９】

次に、本実施の形態の製造方法について説明する。

【００３０】

図３～図２１は、本発明の実施の形態１における半導体装置の製造方法を工程順に示す概略断面図である。

【００３１】

図３を参照して、シリコン基板（半導体基板）４の上に、膜厚１５ｎｍのバッファ絶縁膜１が形成される。係るバッファ絶縁膜１は、シリコン基板４の表面をたとえばウエット酸化することにより形成され得る。このバッファ絶縁膜１が形成されたシリコン基板４の上に、たとえばＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）法により膜厚１００ｎｍのシリコン窒化膜２が形成される。 20

【００３２】

このシリコン窒化膜２上に、写真製版処理によってフォトレジストパターン（図示せず）が形成される。このフォトレジストパターンをマスクとしてシリコン窒化膜２とバッファ絶縁膜１との積層膜にドライエッチング法による異方性エッチングが施される。フォトレジストが除去された後、シリコン窒化膜２とバッファ絶縁膜１との積層膜をマスクとしてシリコン基板４がドライエッチング法により異方性エッチングされて２５０ｎｍの深さのシャロウトレンチ３が形成される。次いで、シャロウトレンチ３の側壁および底壁が熱酸化され、シャロウトレンチ３を形成したときのダメージが除去される。 30

【００３３】

図４を参照して、シャロウトレンチ３を埋込むように、かつシリコン基板４の表面を覆うようにシリコン酸化膜５が堆積される。このシリコン酸化膜５の堆積方法は、段差被覆性に優れた方法であることが好ましい。このような方法としてＨＤＰ（高密度プラズマ）を用いたＣＶＤ法がよい。

【００３４】

図５を参照して、シリコン窒化膜２をＣＭＰのストップとして用いて、ＣＭＰ（Chemical Mechanical Polishing）によりシリコン酸化膜５がシリコン窒化膜２の上面が露出するまで研磨除去され、シャロウトレンチ３の中にシリコン酸化膜５が残存される。これにより、ＳＴＩ構造が完成するとともに、加工面は平坦化される。ＣＭＰの後、たとえばＡｒ（アルゴン）雰囲気中で熱処理が施され、ＳＴＩ構造を構成するシリコン酸化膜５が焼き締められる。この後、シリコン酸化膜５がバッファ絶縁膜１の高さまで一部除去され、続いて、シリコン窒化膜２が除去される。 40

【００３５】

図６を参照して、上記のシリコン窒化膜２の除去により、バッファ絶縁膜１が露出する。

【００３６】

図７を参照して、シリコン基板４の上方に形成されたフォトレジストパターン（図示せず）をマスクとしてシリコン基板４にイオン注入することにより、シリコン基板４の表面にｎ型ウェル７が形成される。このイオン注入工程も必要に応じて適宜行なわれ、設計さ 50

れた回路通りにトランジスタのしきい値電圧が調整される。この後、フォトレジストパターンは除去される。

【0037】

図8を参照して、シリコン基板4の上方に形成されたフォトレジストパターン（図示せず）をマスクとしてシリコン基板4にイオン注入することにより、シリコン基板4の表面にp型ウェル8が形成される。このイオン注入工程も必要に応じて適宜行なわれ、設計された回路通りにトランジスタのしきい値電圧が調整される。この後、フォトレジストパターンは除去される。

【0038】

この後、シリコン基板4上方のバッファ絶縁膜1が除去されることにより、シリコン基板4の表面が露出する。 10

【0039】

図9を参照して、露出したシリコン基板4の表面が熱酸化されてゲート酸化膜9が形成される。次いで、シリコン基板4の上方に、たとえばCVD法により、膜厚50nmのn型ドーフトポリシリコン膜10が形成される。このn型ドーフトポリシリコン膜10上に、たとえばスパッタ法により、膜厚5nmのWSiNからなるバッファ層（図示せず）が形成される。このバッファ層（図示せず）上に、たとえばスパッタ法により、膜厚50nmのW（タンゲステン）よりなる金属膜11が形成される。さらに、この金属膜11上に、たとえばCVD法により、膜厚200nmのシリコン窒化膜よりなるキャップ膜（ハードマスク層）12が形成される。 20

【0040】

図10を参照して、写真製版技術により、キャップ膜12、金属膜11、バッファ層（図示せず）、およびn型ドーフトポリシリコン膜10がパターンニングされる。これにより、上面がキャップ膜12に覆われ、かつn型ドーフトポリシリコン膜10、バッファ層（図示せず）および金属膜11からなるポリメタル構造のゲート電極層50が形成される。

【0041】

この状態におけるDRAMのメモリセルアレイ内の概略平面図は、図22に示すようになる。つまり、図22に示すように、シリコン基板4に複数の活性領域（フィールド）が形成され、複数の活性領域の各々はSTI構造により周囲を囲まれている。この活性領域を横切るようにゲート電極層50よりなるワード線が複数本延びている。活性領域は、ワード線（ゲート電極層）50の延びる方向に対して直交せずに傾くように延びている。このようにして活性領域上を横切って延びるように、かつ活性領域の延びる方向に対して直交せずに傾斜して延びるように、ゲート電極層50とキャップ膜12とが順に積層された積層パターンが形成される。 30

【0042】

この後、金属膜11およびバッファ層（図示せず）を酸化することなくn型ドーフトポリシリコン膜10の側壁部分に選択的にシリコン酸化膜（図示せず）が形成される。次に、ゲート電極層50をマスクにして、フォトレジストマスクレスでウェハ全面にイオン注入が行なわれる。これによりゲート電極層50の両側のシリコン基板4に、エクステンションソース/ドレインの浅く低濃度なn型不純物拡散領域13a、13b、およびp型MOSFET領域に形成されるn型不純物拡散領域13cとn型MOSFET領域に形成されるn型不純物拡散領域13dとが形成される。係るn型不純物拡散領域13a~13dは、たとえば加速エネルギーが10keV、ドーズ量 $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ で、P（リン）イオンを注入することにより形成される。これにより、メモリセルアレイ内において、活性領域の表面において、ゲート電極層50を挟むように1対のソース/ドレイン領域13a、13bが形成される。 40

【0043】

図11を参照して、全面に、たとえばCVD法により、膜厚15nmのシリコン窒化膜14が形成される。

【0044】

図 1 2 を参照して、シリコン窒化膜 1 4 が異方性エッチングされ、ゲート電極層 5 0 およびキャップ膜 1 2 の側壁に、シリコン窒化膜よりなる側壁絶縁膜 1 7 が形成される。この側壁絶縁膜 1 7 を形成する場合には、異方性エッチングでシリコン基板 4 まで貫通させてもよいが、ゲート酸化膜 9 に対し選択比の高い異方性エッチング方法を用い、シリコン基板 4 にエッチングのダメージが残らないようにすることが望ましい。

#### 【 0 0 4 5 】

続いて、ゲート電極層 5 0 および側壁絶縁膜 1 7 をマスクとして、イオン注入が行なわれ、これによりエクステンションソースドレインの深い領域が構成される。n 型 MOSFET の不純物拡散領域 1 5 を形成する場合には、たとえば、加速エネルギー 5 5 k e V 、ドーズ量  $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  で As (砒素) イオンが注入される。また、p 型 MOSFET の不純物拡散領域 1 6 を形成する場合には、たとえば、加速エネルギー 4 0 k e V 、ドーズ量  $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  で、 $\text{BF}_2$  (フッ化ボロン) イオンが注入される。次に、窒素雰囲気中で、たとえば 9 0 0 、 1 0 秒の熱処理をランプアニール法で行ない不純物拡散領域 1 5 、 1 6 にイオン注入された不純物が電氣的に活性化され、ソース/ドレイン領域が形成される。

10

#### 【 0 0 4 6 】

図 1 3 を参照して、キャップ膜 1 2 および側壁絶縁膜 1 7 を覆うようにシリコン基板 4 上に、たとえば C V D 法で、膜厚 2 0 n m のシリコン窒化膜よりなるエッチング阻止膜 2 0 が形成される。続いて、エッチング阻止膜 2 0 の上に、たとえば C V D 法で、膜厚 8 0 0 n m で、材料ガスとして T E B 、 T E P O 、および T E O S を用いた、不純物をドーブした T E O S 酸化膜 2 1 が堆積される。次に、酸素雰囲気中で、たとえば 9 5 0 、 1 0 秒の熱処理がランプアニール法で行なわれ、不純物をドーブした T E O S 酸化膜 2 1 がリフローされ、ゲート電極層 5 0 間のギャップが埋込まれる。次に、たとえば C M P で不純物をドーブした T E O S 酸化膜 2 1 が、膜厚 2 0 0 n m だけ研磨される。これにより、不純物をドーブした T E O S 酸化膜 2 1 の上面 (加工面) は平坦化される。

20

#### 【 0 0 4 7 】

図 1 4 を参照して、写真製版技術を用い、不純物をドーブした T E O S 酸化膜 2 1 上に、フォトレジストパターン 2 2 が形成される。

#### 【 0 0 4 8 】

このフォトレジストパターン 2 2 の D R A M メモリセルアレイ内における概略平面図は、図 2 3 に示すようになる。つまり、図 2 3 に示すように、フォトレジストパターン 2 2 は、互いに並列に延びる複数の帯状の開口パターン 2 2 a を有している。複数の帯状の開口パターン 2 2 a の各々は、非直線状に延びており、かつ各活性領域全体の上方領域を開口するように形成されている。

30

#### 【 0 0 4 9 】

図 1 4 を再度参照して、このような開口パターン 2 2 a を有するフォトレジストパターン 2 2 をマスクとして、不純物をドーブした T E O S 酸化膜 2 1 に、エッチング阻止膜 2 0 をエッチングストッパとする異方性のドライエッチングが施される。

#### 【 0 0 5 0 】

図 1 5 を参照して、上記のドライエッチングにより、不純物をドーブした T E O S 酸化膜 2 1 に、各活性領域全体の上方領域を開口するように非直線状に延びる開口 2 1 a が形成され、その開口 2 1 a からエッチング阻止膜 2 0 の表面が露出する。この後、酸化膜 (不純物をドーブした T E O S 酸化膜 2 1 など) の幅を細くすることでストレージノードコンタクトおよびビット線コンタクト領域を拡大し、コンタクト抵抗を低減するために、その酸化膜がフッ酸でウェットエッチングされる。また、このウェットエッチング量を最適化することで、次のプロセスで形成されるドーフトポリシリコンよりなるプラグのトップ径を最大限に拡大し、積層されるビット線コンタクトとストレージノードコンタクトとのアライメント精度を確保すると同時に安定した低抵抗コンタクトを形成することが可能となる。

40

#### 【 0 0 5 1 】

50



図 16 を参照して、開口 21 a から露出したエッチング阻止膜 20 に、異方性のドライエッチングが施される。これにより、メモリセルアレイ内において、メモリトランジスタ MT の 1 対のソース/ドレイン領域 13 a、13 b の各々が開口 21 a において露出する。この後、フォトリジストパターン 22 が除去される。

【0052】

図 17 を参照して、たとえば CVD 法により n 型ドーフトポリシリコン膜 23 が開口 21 a を埋め込むように、かつ不純物をドーブした TEOS 酸化膜 21 を覆うように堆積される。その後に、たとえば CMP により、不純物をドーブした TEOS 酸化膜 21 をストッパとして、n 型ドーフトポリシリコン膜 23 が研磨される。

【0053】

図 18 を参照して、上記の CMP により、不純物をドーブした TEOS 酸化膜 21 の上面が露出するとともに、n 型ドーフトポリシリコン膜 23 は開口 21 a 内にのみ残存する。さらに、この後、たとえば CMP により、キャップ膜 12 をストッパとして、n 型ドーフトポリシリコン膜 23 と不純物をドーブした TEOS 酸化膜 21 とエッチング阻止膜 20 とが研磨される。

【0054】

図 19 を参照して、上記の CMP により、キャップ膜 12 の上面が露出するとともに、n 型ドーフトポリシリコン膜 23 がメモリセルアレイ内におけるゲート電極層 50 間に残存する。これにより、n 型ドーフトポリシリコン膜 23 から、ストレージノードコンタクトを埋め込むプラグ導電層 23 a と、ビット線コンタクトを埋め込むプラグ導電層 23 b とが形成される。また、キャップ膜 12 の上面と不純物をドーブした TEOS 酸化膜 21 の上面とプラグ導電層 23 a、23 b の各上面とは、実質的に同一の平面を構成する。

【0055】

図 20 を参照して、写真製版技術およびエッチング技術を用いて、プラグ導電層 23 b に接するようにビット線 24 が形成される。このビット線などを覆うように、たとえばシリコン酸化膜などよりなる層間絶縁膜 25 が形成される。

【0056】

図 21 を参照して、写真製版技術およびエッチング技術を用いて層間絶縁膜 25 に孔 25 a が形成され、その孔 25 a 内を埋め込むように埋め込み導電層 26 が形成される。この埋め込み導電層 26 とプラグ導電層 23 a とを介してソース/ドレイン領域に電氣的に接続するように、層間絶縁膜 25 上にストレージノード 27 が形成される。このストレージノードを覆うようにキャパシタ誘電体膜 28 が形成され、このキャパシタ誘電体膜 28 を介してストレージノード 27 と対向するようにセルプレート 29 が形成される。これにより、ストレージノード 27 とキャパシタ誘電体膜 28 とセルプレート 29 とからなるキャパシタ C が構成される。

【0057】

このようにして、自己整合コンタクト構造体を有するメモリセルおよび周辺回路が形成される。

【0058】

本実施の形態によれば、活性領域（フィールド）がワード線（ゲート電極層）50 の延びる方向に対して傾いて交差するように延びている。このため、ワード線（ゲート電極層）50 に対して直交する場合と比較して、活性領域同士のピッチを大きく確保することが可能となる。

【0059】

図 24 と図 25 とは、活性領域がワード線に対して直交する場合と、傾いて交差する場合における活性領域のピッチを説明するための図である。活性領域がワード線に対して直交する場合、図 24 に示すようにワード線の間隔を  $0.10 \mu\text{m}$  とするデザインルールの下では、活性領域のピッチ P1 は  $0.2 \mu\text{m}$  となる。一方、活性領域がワード線に対して傾いて交差する場合、図 25 に示すようにワード線の間隔を  $0.10 \mu\text{m}$  とするデザインルールの下では、活性領域のピッチ P1 は  $0.28 \mu\text{m}$  程度となる。以上より、活性領

10

20

30

40

50

域がワード線に対して傾いている場合には直行する場合よりも活性領域のピッチを 1 . 4 倍にすることができる。

【 0 0 6 0 】

このため、図 2 4 と図 2 5 との双方のパターンにおいて、ストレージノードコンタクトおよびビット線コンタクトを形成するために帯状の開口パターンを用いることを考えた場合、活性領域がワード線に対して傾いている場合には直行する場合よりも帯状の開口パターンのピッチも 1 . 4 倍にすることができる。よって、写真製版プロセスのマージンが大幅に拡大し、長波長の露光光による写真製版が可能となるため、コスト削減が容易となる。

【 0 0 6 1 】

具体的には、写真製版プロセスのマージンが大幅に拡大するため、90 nm のデザインルールでは ArF でパターニングできなかったものが、KrF でもパターニング可能となる。すなわち、本実施の形態の帯状の開口パターン 2 2 a は 1 世代前のデザインルールと等価であることが特徴である。この効果はプロセスマージンの拡大のみならず、ArF に比べれば低コストの KrF プロセスが使用可能となりコスト低減の効果も有する。

【 0 0 6 2 】

また、仮に図 2 4 の平面パターンにて帯状の開口パターン 2 2 a を用いることを考えた場合、各活性領域上の開口パターンを繋いで連続的な帯状開口パターンにしようとする、活性領域間の領域 S においていずれの導電領域にも電氣的に接続されない導電層が他のプラグ導電層とともに形成されてしまう。このように領域 S に余分な導電層が形成されてしまうと、この導電層によって他の導電層同士がショートするおそれがある。このため、帯状の開口パターン 2 2 a は領域 S において抜き（つまり開口されない領域）を設ける必要がある。

【 0 0 6 3 】

これに対して図 2 5 の平面パターンにて帯状の開口パターン 2 2 a を用いる場合、上記のような抜きは不要であり、各活性領域上の開口パターンを繋いで連続的な帯状開口パターン 2 2 a を形成することができる。

【 0 0 6 4 】

また、キャップ膜（ハードマスク層）1 2 の上面とプラグ導電層 2 3 a、2 3 b の各上面とが実質的に同一の平面を構成しているため、これらの上面間に段差は生じない。このため、キャップ膜 1 2 とプラグ導電層 2 3 a、2 3 b との上方に形成した層の上面も平坦にすることが容易となり、その層の写真製版などによるパターニングなどが容易になる。このように次工程でのプロセスマージンが確保できる。

【 0 0 6 5 】

また、帯状の開口パターン 2 2 a（図 1 4 および図 2 3）を用いてビット線コンタクトとストレージノードコンタクトとの開口が可能となるため、従来のホールパターンを開口する方法に比べ、エッチングのマイクロローディング効果が低減され「開口不良」の少ないプロセスを提供することが可能となる。

【 0 0 6 6 】

また、帯状の開口パターン 2 2 a（図 1 4 および図 2 3）を用いてビット線コンタクトとストレージノードコンタクトとの開口が可能となるため、エッチングのマイクロローディング効果の低減が可能となるばかりか、窒化膜と酸化膜との選択比も大きく改善可能であり、ゲート電極とポリシリコン膜との電氣的な「ショート」のプロセス裕度を確保することができる。

【 0 0 6 7 】

また、図 2 3 に示すように帯状の開口パターン 2 2 a が非直線のパターンであるため、フォトリソパターン 2 2 の倒れにも強く安定した転写プロセスを提供することができる。

【 0 0 6 8 】

（実施の形態 2）

10

20

30

40

50

実施の形態 1 では帯状の開口パターン 22a が非直線状であり、その幅が均一ではないが、均一な幅の開口パターン 22a が形成されてもよい。また、均一な幅の開口パターン 22a として、図 26 の平面図に示すように直線状の帯状の開口パターン 22a が形成されてもよい。これにより形成される D R A M のメモリセルアレイ内の平面レイアウトは図 27 に示すようになる。この図 27 においては、キャパシタの図示は省略されている。

【0069】

なお、本実施の形態の上記以外の製造方法および構成は、上述した実施の形態 1 の製造方法および構成とほぼ同じであるため、同一の構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0070】

10

(実施の形態 3)

実施の形態 1 では、図 17 ~ 図 19 の工程において C M P でキャップ膜 (ハードマスク層) 12 がストッパとして平坦化され、プラグ導電層 23a、23b の各上面とキャップ膜 (ハードマスク層) 12 の上面とをシリコン基板 4 の表面と平行にしたが、図 17 または図 18 の工程からドライエッチングを施した後に C M P を施して平坦化されてもよい。

【0071】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

20

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図 1】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の構成を示す概略平面図であり、D R A M のメモリセルアレイ内の一部を示している。

【図 2】図 1 の I I - I I 線に沿う概略断面図である。

【図 3】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 1 工程に示す概略断面図である。

【図 4】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 2 工程に示す概略断面図である。

【図 5】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 3 工程に示す概略断面図である。 30

【図 6】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 4 工程に示す概略断面図である。

【図 7】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 5 工程に示す概略断面図である。

【図 8】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 6 工程に示す概略断面図である。

【図 9】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 7 工程に示す概略断面図である。

【図 10】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 8 工程に示す概略断面図である。 40

【図 11】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 9 工程に示す概略断面図である。

【図 12】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 10 工程に示す概略断面図である。

【図 13】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 11 工程に示す概略断面図である。

【図 14】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 12 工程に示す概略断面図である。

【図 15】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 13 工程に示す概略 50

断面図である。

【図 16】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 14 工程に示す概略断面図である。

【図 17】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 15 工程に示す概略断面図である。

【図 18】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 16 工程に示す概略断面図である。

【図 19】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 17 工程に示す概略断面図である。

【図 20】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 18 工程に示す概略断面図である。 10

【図 21】本発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造方法の第 19 工程に示す概略断面図である。

【図 22】図 10 に示す状態における D R A M のメモリセルアレイ内の概略平面図である。

【図 23】図 14 に示す状態における D R A M のメモリセルアレイ内の概略平面図である。

【図 24】活性領域がワード線に対して直交する場合における活性領域のピッチを説明するための図である。

【図 25】活性領域がワード線に対して傾いて交差する場合における活性領域のピッチを説明するための図である。 20

【図 26】本発明の実施の形態 2 における半導体装置の製造方法の工程を示す概略平面図であり、D R A M のメモリセルアレイ内の一部を示している。

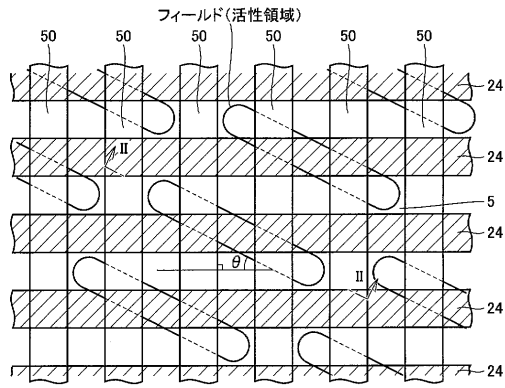
【図 27】本発明の実施の形態 2 における半導体装置の構成を示す概略平面図であり、D R A M のメモリセルアレイ内の一部を示している。

【符号の説明】

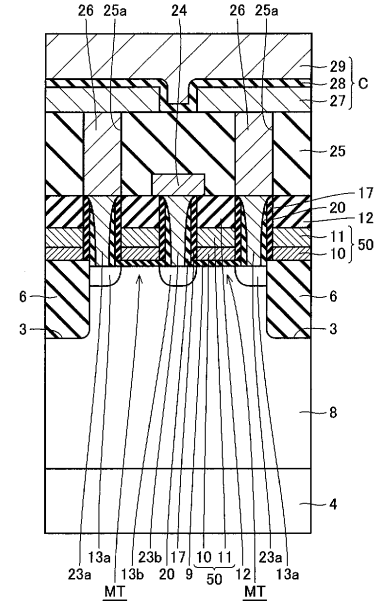
【0073】

1 バッファ絶縁膜、2 シリコン窒化膜、3 シャロウトレンチ、4 シリコン基板、5 シリコン酸化膜、7 n 型ウェル、8 p 型ウェル、9 ゲート絶縁膜、10 n 型ドーフトポリシリコン膜、11 金属膜、12 キャップ膜（ハードマスク層）、13 a, 13 b ソース/ドレイン領域、13 c, 13 d n 型不純物拡散領域、14 シリコン窒化膜、15 n 型不純物拡散領域、16 p 型不純物拡散領域、17 側壁絶縁膜、20 エッチング阻止膜、21 a 開口、21 B P T E O S 酸化膜、22 フォトリジストパターン、22 a 開口パターン、23 a, 23 b プラグ導電層、23 n 型ドーフトポリシリコン膜、24 ビット線、25 a 孔、25 層間絶縁膜、26 埋め込み導電層、27 ストレージノード、28 キャパシタ誘電体膜、29 セルプレート、50 ゲート電極層（ワード線）、C キャパシタ、M T メモリトランジスタ。 30

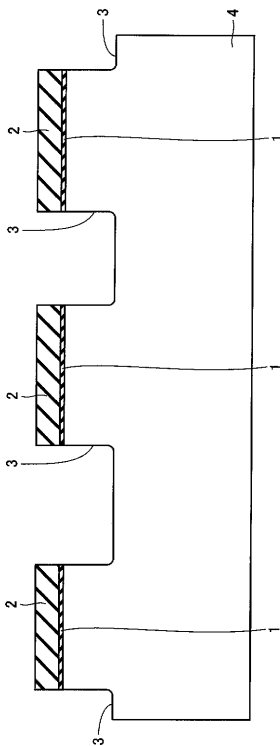
【図 1】



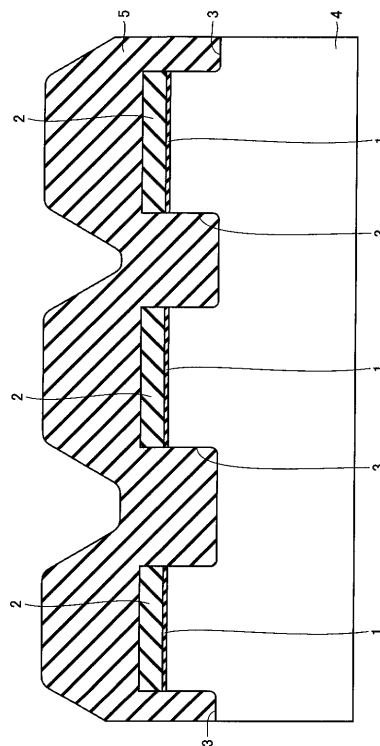
【図 2】



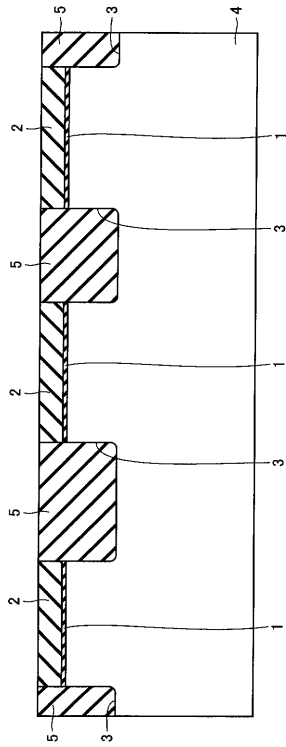
【図 3】



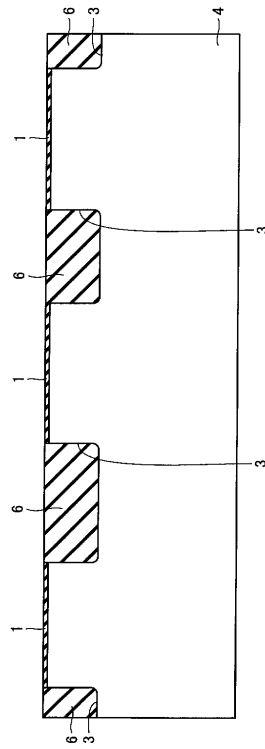
【図 4】



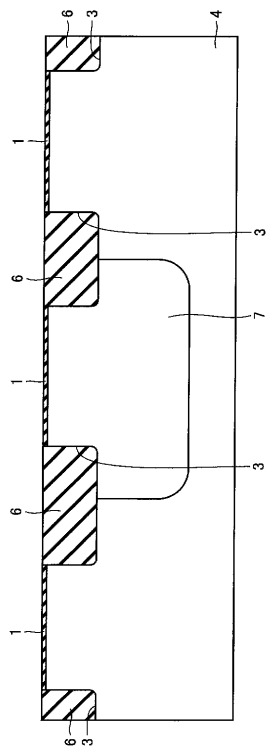
【図 5】



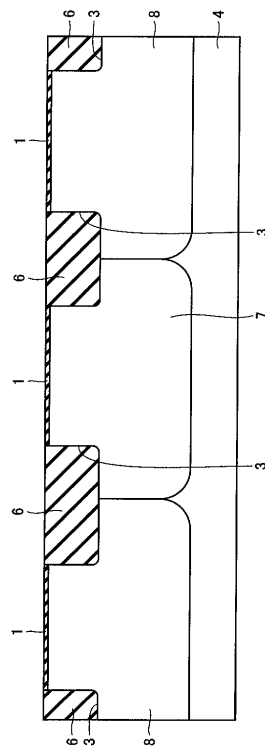
【図 6】



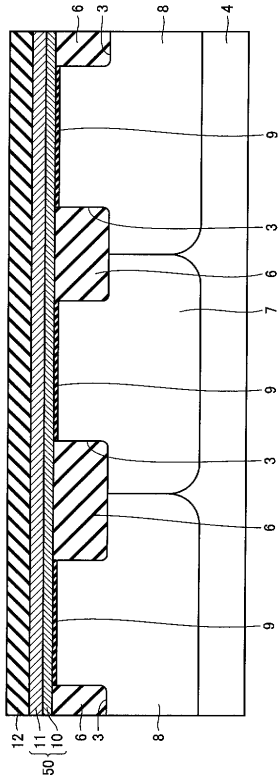
【図 7】



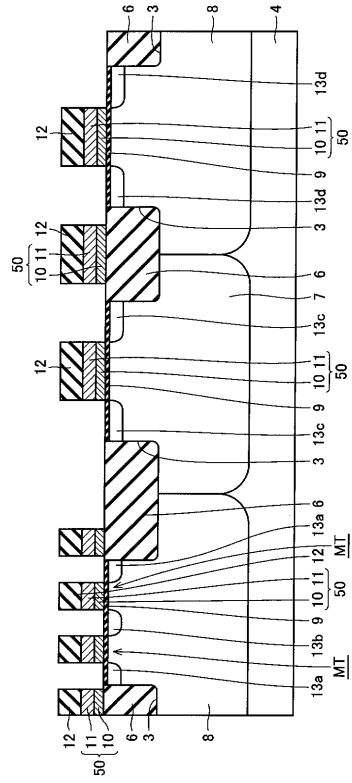
【図 8】



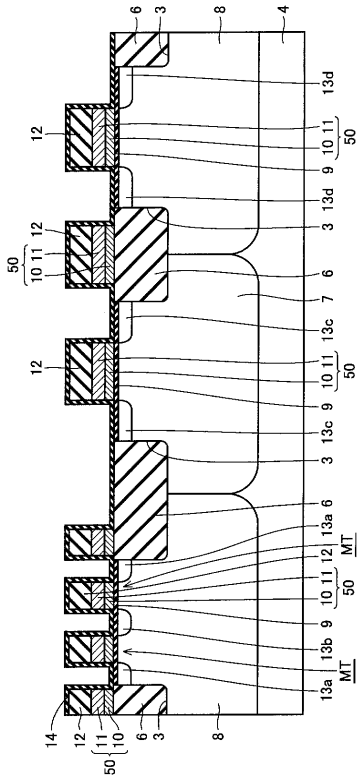
【図 9】



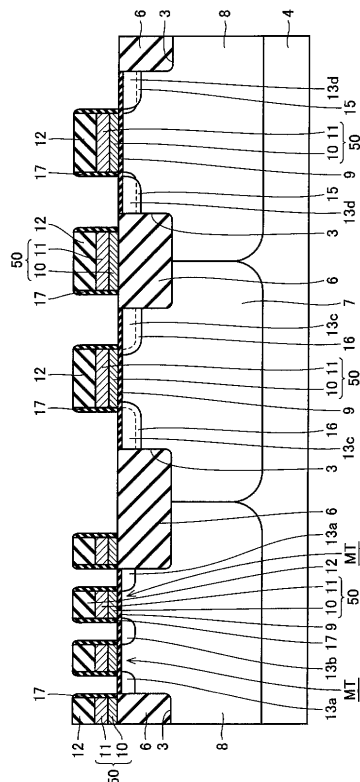
【図 10】



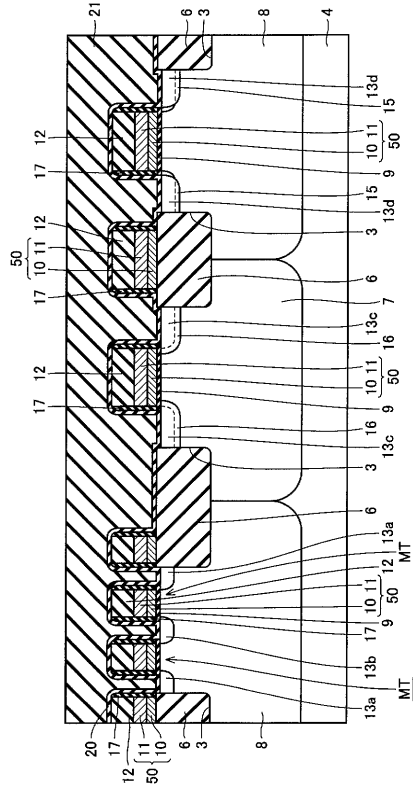
【図 11】



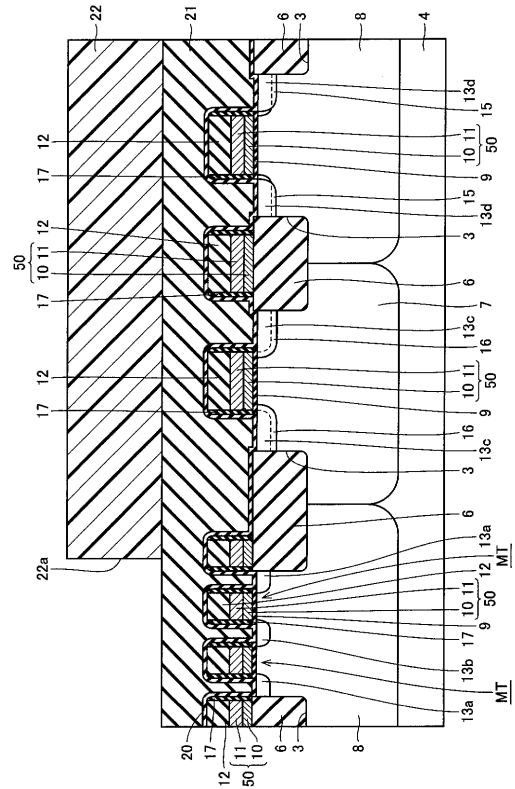
【図 12】



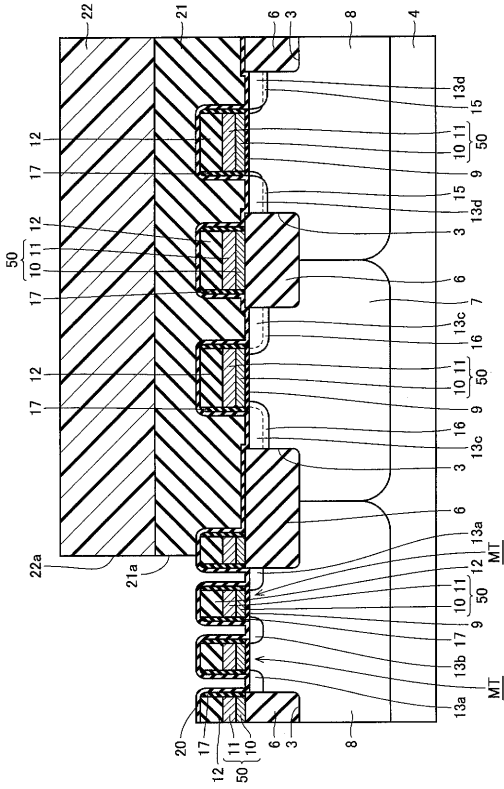
【図 13】



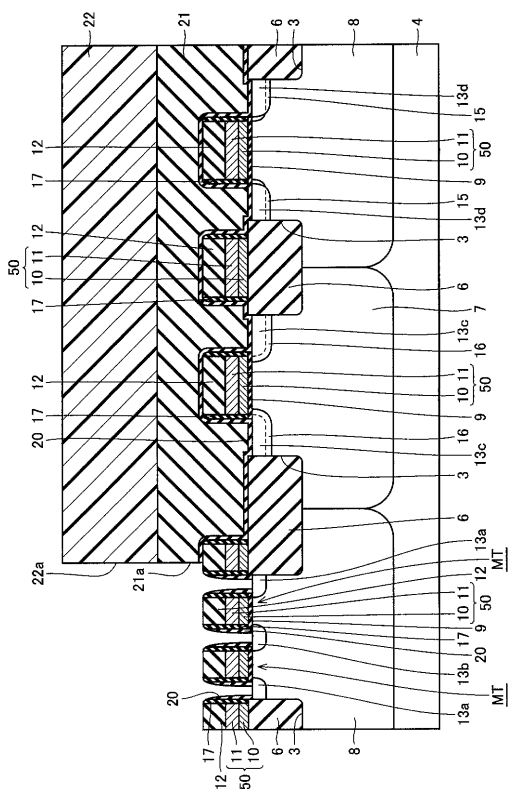
【図 14】



【図 15】

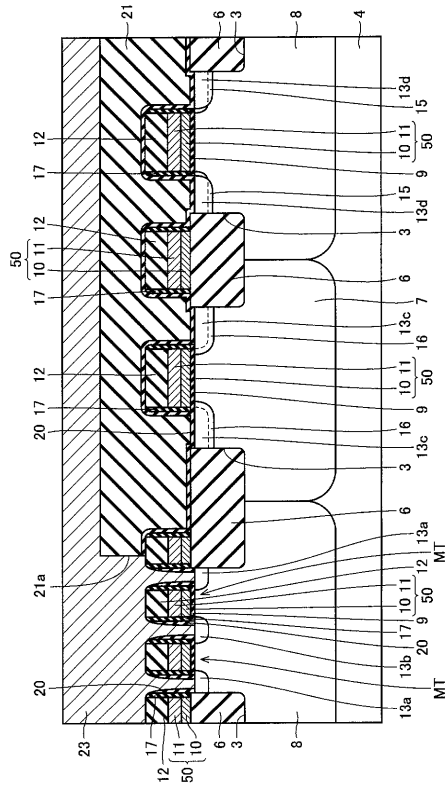


【図 16】

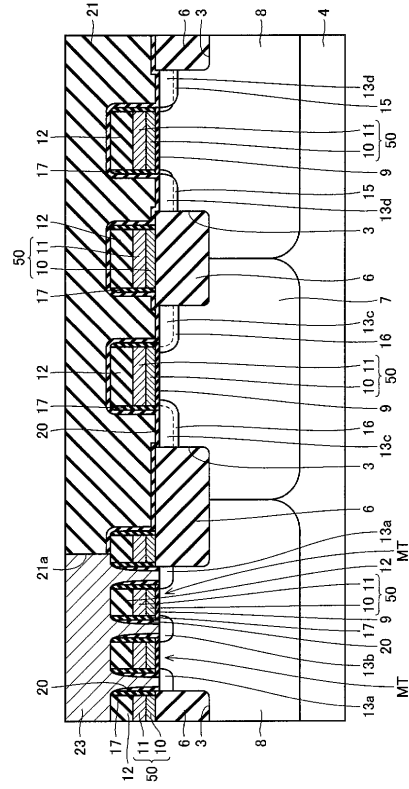




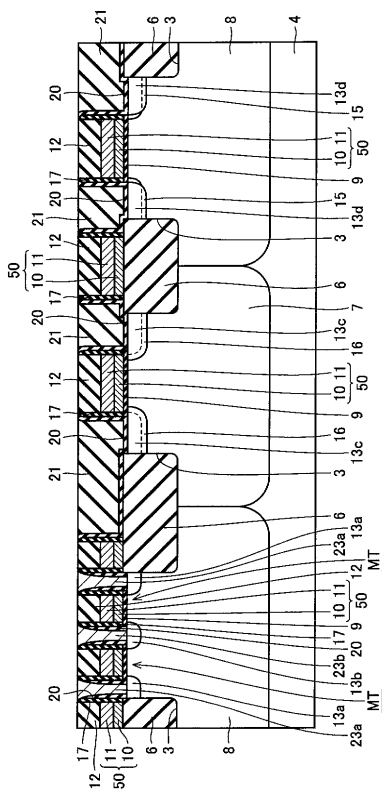
【図 17】



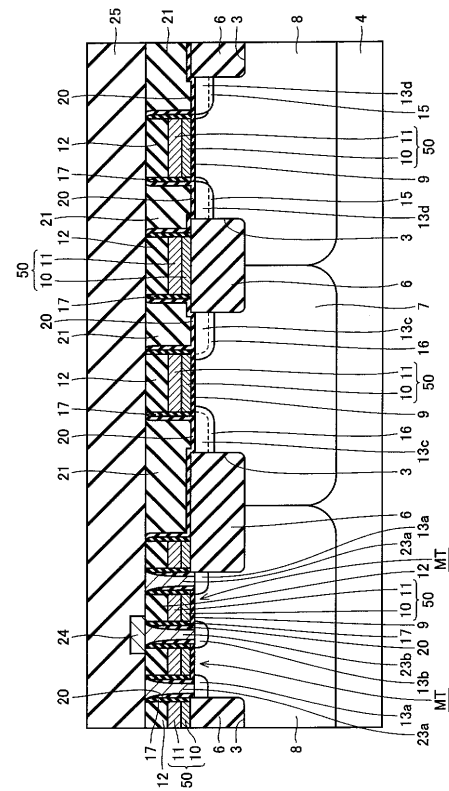
【図 18】



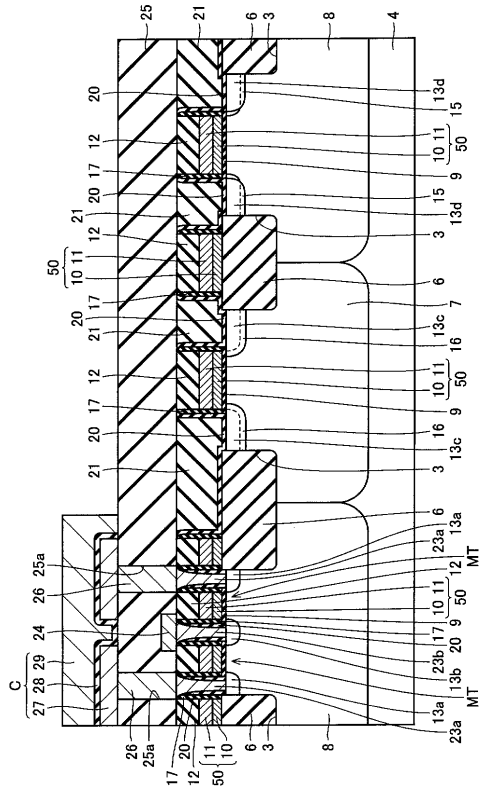
【図 19】



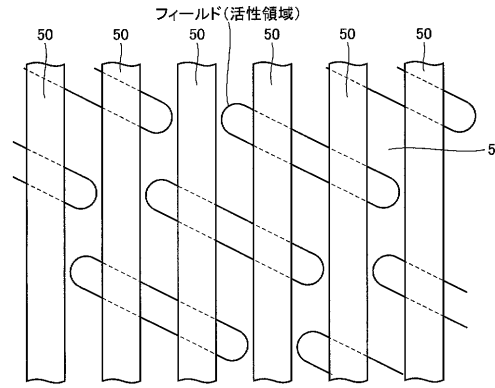
【図 20】



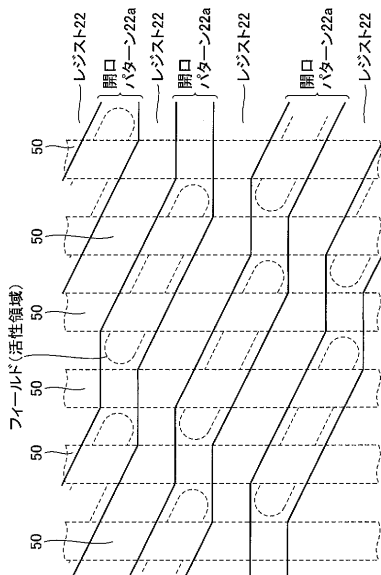
【図 2 1】



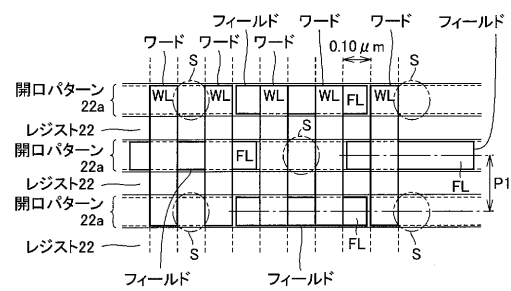
【図 2 2】



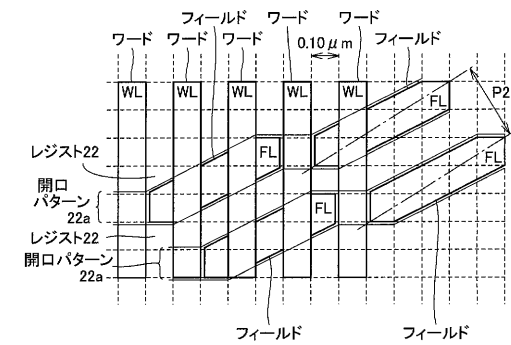
【図 2 3】



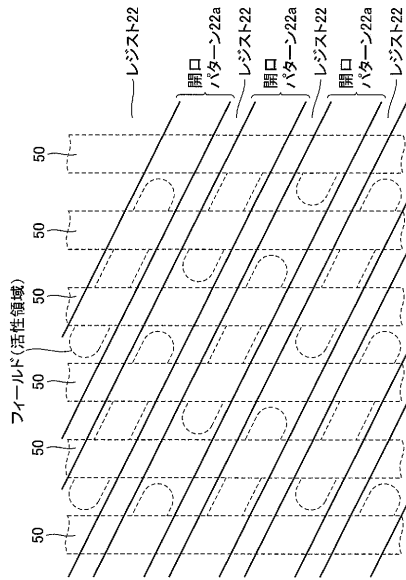
【図 2 4】



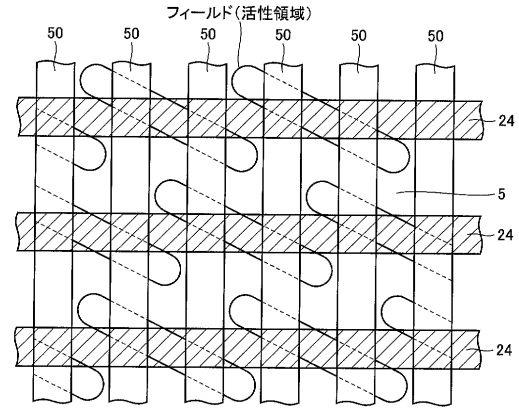
【図 2 5】



【図 26】



【図 27】



## フロントページの続き

(72)発明者 白竹 茂

東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 株式会社ルネサステクノロジ内

F ターム(参考) 4M104 AA01 BB01 BB28 BB33 BB40 CC01 CC05 DD08 DD16 DD63  
DD75 DD91 EE05 EE09 EE17 FF01 FF13 FF18 GG09 GG16  
HH20  
5F033 HH04 HH19 HH28 HH32 JJ04 KK01 LL01 MM15 NN40 PP06  
PP15 QQ08 QQ09 QQ10 QQ16 QQ19 QQ25 QQ35 QQ37 QQ48  
QQ49 QQ58 QQ65 QQ73 QQ75 QQ76 QQ82 RR04 RR06 SS03  
SS04 SS11 SS25 SS27 TT08 VV06 VV10 VV16 XX00 XX01  
5F083 AD10 AD42 AD48 AD49 GA02 GA27 JA35 JA39 JA40 JA56  
LA01 MA03 MA06 MA17 MA20 NA01 PR01 PR03 PR05 PR06  
PR07 PR09 PR12 PR21 PR29 PR34 PR36 PR38 PR40 PR43  
PR44 PR46 PR53 PR54 PR56