

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6087943号  
(P6087943)

(45) 発行日 平成29年3月1日 (2017.3.1)

(24) 登録日 平成29年2月10日 (2017.2.10)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/28 (2006.01)	HO 1 L 21/28 L
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/90 C
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 3 O 1 G
HO 1 L 29/78 (2006.01)	HO 1 L 29/78 3 O 1 N

請求項の数 14 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2014-542328 (P2014-542328)	(73) 特許権者	591016172
(86) (22) 出願日	平成24年11月1日 (2012.11.1)		アドバンスド・マイクロ・デバイス・
(65) 公表番号	特表2015-502039 (P2015-502039A)		インコーポレイテッド
(43) 公表日	平成27年1月19日 (2015.1.19)		ADVANCED MICRO DEVI
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/062959		CES INCORPORATED
(87) 国際公開番号	W02013/081767		アメリカ合衆国、94088-3453
(87) 国際公開日	平成25年6月6日 (2013.6.6)		カリフォルニア州、サニibel、ピー・
審査請求日	平成27年10月28日 (2015.10.28)		オウ・ボックス・3453、ワン・エイ・
(31) 優先権主張番号	13/295,574		エム・ディ・プレイス、メイル・ストップ
(32) 優先日	平成23年11月14日 (2011.11.14)		・68 (番地なし)
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100108833
早期審査対象出願			弁理士 早川 裕司
		(74) 代理人	100111615
			弁理士 佐野 良太

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自己整合コンタクト及びローカル相互接続を形成する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体装置の製造方法であって、

複数の置換金属ゲートを含むトランジスタを、ソース及びドレインを有する第1のゲートと、前記第1のゲートから分離された少なくとも1つの第2のゲートと共に半導体基板上に設けるステップであって、前記トランジスタは、前記第1のゲートの周囲の第1の絶縁材料からなるゲートスペーサと、前記ゲートスペーサ間の第2の絶縁材料からなる第1の絶縁層とを含み、前記第2の絶縁材料のうち少なくとも一部が、前記第1のゲートのソース及びドレイン上に設けられる、ステップと、

前記第1のゲート及び前記第2のゲート上に整合された1つ以上の絶縁マンドレルを形成するステップであって、前記絶縁マンドレルは前記第1の絶縁材料を含む、ステップと

、  
前記絶縁マンドレルの周囲にマンドレルスペーサを形成するステップであって、前記マンドレルスペーサは前記第1の絶縁材料を含む、ステップと、

前記第2の絶縁材料からなる第2の絶縁層を前記トランジスタ上に形成するステップと

、  
前記絶縁マンドレル間の前記トランジスタの部分から前記第2の絶縁材料を除去することにより、前記第1のゲートの前記ソース及びドレインまでの1つ以上の第1のトレンチを形成するステップであって、第2の絶縁材料を選択的に除去し、且つ、第1の絶縁材料を除去しないプロセスにおいて、前記第2の絶縁材料を除去することによって、前記第1

10

20

のゲートの前記ソース及びドレインまでの前記第 1 のトレンチを形成するステップを含む、ステップと、

前記第 2 のゲートの上方の前記第 1 の絶縁材料及び前記第 2 の絶縁材料の部分を除去することにより、前記第 2 のゲートまでの第 2 のトレンチを形成するステップと、

導電性材料を前記第 1 のトレンチ及び前記第 2 のトレンチに充填して、前記第 1 のゲートの前記ソース及びドレインに対する第 1 のコンタクトと、前記第 2 のゲートに対する第 2 のコンタクトとを形成するステップと、

を含む、半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

前記第 1 のトレンチ及び前記第 2 のトレンチに対して導電性材料を単一のプロセスで充填するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

10

【請求項 3】

各マンドレルは、少なくとも下側のゲートと同じ幅を有し、各マンドレルは、少なくとも下側のゲートと同じ幅である、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記マンドレルスペーサは、下部においてより幅広であり、且つ、上部においてより幅狭な傾斜状の外形を有する、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記マンドレルスペーサのうち少なくとも一部は、前記第 1 のトレンチ内で露出する、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

20

【請求項 6】

前記絶縁マンドレルの縁部は、前記ゲートの縁部を超えて延在する、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

前記マンドレルスペーサの縁部は、前記ゲートスペーサの縁部を超えて延在する、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

前記絶縁マンドレルを形成する前に、前記第 2 の絶縁材料からなる肉薄層を前記トランジスタ上に形成するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

30

前記第 1 のコンタクトは、前記マンドレルスペーサの傾斜によって決定される傾斜を含む、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

前記第 1 のトレンチ及び前記第 2 のトレンチに導電性材料を充填した後に、前記トランジスタを平坦化するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

前記第 1 のトレンチ及び前記第 2 のトレンチを形成するステップは、前記第 1 のトレンチ及び前記第 2 のトレンチを規定する、CAD (コンピュータ支援設計) 設計されたレジストパターンを用いて実行される、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 12】

40

前記トランジスタ上に第 3 の絶縁層を形成するステップと、

前記第 3 の絶縁層の一部を除去することにより、前記第 3 の絶縁層を通じて前記第 1 のコンタクト及び前記第 2 のコンタクトまでの第 3 のトレンチを形成するステップと、

前記第 3 の絶縁層を通じて形成された前記第 3 のトレンチ内に導電性材料を堆積させることにより、前記第 1 のコンタクト及び前記第 2 のコンタクトに対してローカル相互接続を形成するステップと、

をさらに含む、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 13】

第 1 の絶縁材料を選択的に除去し、且つ、第 2 の絶縁材料を除去しないプロセスにおいて、前記第 2 のトレンチが前記第 2 のゲートに対して整合するように、前記第 2 のゲート

50

の上方の前記第 1 の絶縁材料の部分除去するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 4】

複数の命令を記憶するコンピュータ可読記憶媒体であって、前記複数の命令は、実行されると、

複数の置換金属ゲートを含むトランジスタを、ソース及びドレインを有する第 1 のゲートと、前記第 1 のゲートから分離された少なくとも 1 つの第 2 のゲートと共に半導体基板上に設けることであって、前記トランジスタは、各第 1 のゲートの周囲の第 1 の絶縁材料からなるゲートスペーサと、前記ゲートスペーサ間の第 2 の絶縁材料からなる第 1 の絶縁層とを含み、前記第 2 の絶縁材料のうち少なくとも一部は、前記第 1 のゲートのソース及びドレイン上に設けられることと、

前記第 1 のゲート及び前記第 2 のゲート上に整合された 1 つ以上の絶縁マンドレルを形成することであって、前記絶縁マンドレルは、前記第 1 の絶縁材料を含むことと、

前記絶縁マンドレルの周囲にマンドレルスペーサを形成することであって、前記マンドレルスペーサは前記第 1 の絶縁材料を含むことと、

前記トランジスタ上に前記第 2 の絶縁材料からなる第 2 の絶縁層を形成することと、

前記絶縁マンドレル間の前記トランジスタの部分から前記第 2 の絶縁材料を除去することにより、前記第 1 のゲートの前記ソース及びドレインに対して 1 つ以上の第 1 のトレンチを形成することであって、第 2 の絶縁材料を選択的に除去し、且つ、第 1 の絶縁材料を除去しないプロセスにおいて、前記第 2 の絶縁材料を除去することによって、前記第 1 のゲートの前記ソース及びドレインまでの前記第 1 のトレンチを形成するステップを含む、ことと、

前記第 2 のゲートの上方の前記第 1 の絶縁材料及び前記第 2 の絶縁材料の部分除去することにより、前記第 2 のゲートに対する第 2 のトレンチを形成することと、

前記第 1 のトレンチ及び前記第 2 のトレンチに導電性材料を充填して、前記第 1 のゲートの前記ソース及びドレインに対する第 1 のコンタクトと、前記第 2 のゲートに対する第 2 のコンタクトを形成することと、を含む動作を製造処理装置に実行させる、

コンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、トランジスタを形成するための半導体プロセスに関し、より具体的には、半導体基板上の置換ゲート構造へのトレンチコンタクト及びローカル相互接続を形成するためのプロセスに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば平面トランジスタ等のトランジスタは、数十年間にわたって、集積回路のコアであり続けている。プロセス開発の進展と、フィーチャ (feature) 密度の増加の必要性とを通じて、個々のトランジスタのサイズは着実に低減している。現在のスケールングにおいては、32nm 技術が用いられており、開発の進展により、20nm に進み、さらに技術を超えてきている (例えば、15nm 技術)。

【0003】

置換ゲートプロセス (フロー) は、ゲートファーストプロセスにおいて見受けられる特定の問題を回避しているため、より一般的に普及してきている。例えば、置換ゲートプロセスは、ゲートにおいて用いられる仕事関数材料の安定性に関連する問題を回避することができる。しかし、置換ゲートプロセスでは、新たなプロセスモジュール (例えば、CMP (化学機械研磨)) の挿入が必要となる場合がある。

【0004】

さらに、ほとんどの置換ゲートプロセスでは、トレンチコンタクト及び/又はローカル相互接続をゲートに形成する場合における整合問題が避けられない。例えば、ほとんどの

10

20

30

40

50

置換ゲートプロセスは自己整合型ではないため、処理中に、不整合に起因した不具合が容易に生じ得る。また、双方向型のローカル相互接続をパターンニングすること、及び／又は、ローカル相互接続からゲート若しくは当該ゲートのソース／ドレインへの界面層の数を低減することが困難になる場合がある。

【0005】

これらの問題のうちいくつかを解消するために、自己整合型トレンチコンタクトの生成を試行するプロセスフローが提供されている。この自己整合型トレンチコンタクトは、ゲートを超えて延在することにより、より複雑度の低いローカル相互接続フローを可能にする。しかしながら、このようなプロセスフローは、極めて複雑であることが多く、多数の抵抗界面が存在し、及び、複雑なプロセスフローに起因して製造コストが高い。さらに、プロセスの複雑性に起因して、不整合又は他の誤差に対する製造マージンが低い。なぜならば、これらのプロセスは、極めて制約的な設計及び／又は整合規則を有している場合があるからである。

10

【0006】

図1は、半導体基板54上の置換ゲート構造52を備えた、従来技術のトランジスタ50の実施形態を示す。置換ゲート構造52は、ゲートスペーサ58に囲まれたゲート56を含む。ソース／ドレイン60は、基板54のウェル領域62内に配置され得る。また、基板54の分離領域(isolation region)64の上方には、1つ以上のゲートが配置され得る。

【0007】

トレンチコンタクト66は、ソース／ドレイン60とローカル相互接続68Aとを接触させるのに用いられる。ローカル相互接続68Aとローカル相互接続68Bとを結合することにより、ゲート56'に接続されたローカル相互接続68Cへのルーティングが得られる。

20

【0008】

図1から分かるように、トレンチコンタクト66内に任意の不整合が有る場合には、ゲート56への短絡が容易に発生し得る。そのため、制約的な設計／整合規則を用いて、トレンチコンタクト66とゲート56との間の短絡を抑制する必要がある。また、制約的な整合規則が無い場合には、ローカル相互接続68Cとゲート56'との間で整合問題が容易に発生し得る。

30

【0009】

また、図1に示すように、ローカル相互接続68A、68B、68C間のルーティングが複雑になって、多くのプロセスステップが必要になる場合がある。このように、多数のプロセスステップがある場合には、ローカル相互接続間を形成する抵抗界面の可能性及び／又はローカル相互接続間の整合問題が増加し得る。

【0010】

よって、トレンチコンタクトをソース／ドレインへ自己整合させ、トレンチコンタクトをゲートの上方に延ばすための方法が必要とされている。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

40

【0011】

ある実施形態では、半導体装置の製造方法は、複数の置換金属ゲートを含むトランジスタを、ソース及びドレインを有する第1のゲートと、第1のゲートから分離された少なくとも1つの第2のゲートと共に半導体基板上に設けるステップを含む。トランジスタは、各ゲートの周囲の第1の絶縁材料からなるゲートスペーサと、ゲートとゲートスペーサとの間に設けられた、第2の絶縁材料からなる第1の絶縁層とを含む。第2の絶縁材料の少なくとも一部は、第1のゲートのソース及びドレイン上に設けられる。

【0012】

1つ以上の絶縁マンドレルが形成され、ゲート上に整合される。絶縁マンドレルは、第1の絶縁材料を含む。マンドレルスペーサは、絶縁マンドレルの周囲に形成される。マン

50

ドレلسペースは、第 1 の絶縁材料を含む。第 2 の絶縁材料の第 2 の絶縁層は、トランジスタ上に形成される。

【 0 0 1 3 】

絶縁マンドレル間のトランジスタの部分から第 2 の絶縁材料を除去することによって、第 1 のゲートのソース及びドレインに対する 1 つ以上の第 1 のトレンチが形成される。第 2 のゲートの上方の第 1 の絶縁材料の部分と第 2 の絶縁材料の部分とを除去することによって、第 2 のゲートに対する第 2 のトレンチが形成される。第 1 のトレンチ及び第 2 のトレンチに導電性材料を充填して、第 1 のゲートのソース及びドレインに対する第 1 の接点と、第 2 のゲートに対する第 2 の接点とを形成する。

【 0 0 1 4 】

いくつかの実施形態では、第 3 の絶縁層がトランジスタ上に形成される。第 3 の絶縁層の部分除去することによって、第 3 のトレンチが、第 3 の絶縁層を通じて第 1 のコンタクト及び第 2 のコンタクトへ形成される。第 3 の絶縁層を通じて形成された第 3 のトレンチに導電性材料を堆積させることによって、第 1 のコンタクト及び第 2 のコンタクトへのローカル相互接続が形成される。

【 0 0 1 5 】

ある実施形態では、半導体装置は、半導体基板上の複数の置換金属ゲートを含む。第 1 のゲートは、ソース及びドレインを有しており、少なくとも 1 つの第 2 のゲートは、第 1 のゲートから分離されている。第 1 の絶縁材料のゲートスペースは、第 1 のゲートの周囲に設けられている。第 2 の絶縁材料の第 1 の絶縁層は、ゲートスペース間に存在している。第 2 の絶縁材料のうち少なくとも一部は、第 1 のゲートのソース及びドレイン上に設けられている。

【 0 0 1 6 】

1 つ以上の絶縁マンドレルは、ゲート上において整合されている。絶縁マンドレルは、第 1 の絶縁材料を含む。マンドレルスペースは、絶縁マンドレルの周囲に設けられており、第 1 の絶縁材料を含む。1 つ以上の第 1 のゲートのソース及びドレインに対する第 1 のコンタクトは、マンドレルスペース間の第 1 の絶縁層を通じて設けられている。少なくとも 1 つの第 2 のゲートに対する第 2 のコンタクトは、第 2 のゲートの上方の第 1 の絶縁材料を通じて設けられている。第 3 の絶縁層はトランジスタ上に設けられており、1 つ以上のローカル相互接続は、第 3 の絶縁層を通じて第 1 のコンタクト及び第 2 のコンタクトと接触している。

【 0 0 1 7 】

いくつかの実施形態では、上記の製造方法のうち 1 つ以上のステップが達成され、及び / 又は、半導体装置の 1 つ以上のコンポーネントが C A D ( コンピュータ支援設計 ) で設計されたレジストパターンによって形成される。このレジストパターンは、処理時に除去及び / 又は堆積される領域を規定する。例えば、絶縁マンドレル及び / 又はマンドレルスペースを形成するための領域を、C A D パターンを用いて規定することができる。ある実施形態では、コンピュータ可読記憶媒体は、複数の命令を記憶している。各命令が実行されると、1 つ以上の前記レジストパターンが生成される。

【 0 0 1 8 】

ゲートの上方に延びる自己整合型トレンチコンタクトを設けることによって、トレンチコンタクト及び開口ゲートへの接続に使用可能、且つ、より簡単なローカル相互接続スキームを得ることができる。本明細書に記載の方法の実施形態を用いることによって、従来の置換ゲートフロー接続スキームと比較して、トレンチコンタクトに対する下部ゲートと、ローカル相互接続結合容量とを得ることができ、且つ、層間の抵抗界面の数を低減することができる。また、本明細書に記載の方法の実施形態によって、コンタクト間の不整合の可能性を低減し、且つ、従来の置換ゲートフロー接続スキームよりも簡単なプロセスフローを提供することができ、製造歩留まりを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 9 】

10

20

30

40

50

【図 1】従来技術のトランジスタの縦断側面図である。

【図 2】一実施形態における、シリコン基板上の置換金属ゲート構造の縦断側面図である。

【図 3】一実施形態における、ゲート構造上に形成された絶縁層の縦断側面図である。

【図 4】他の実施形態における、ゲート構造の下側に形成された肉薄絶縁層を備えた絶縁層の縦断側面図である。

【図 5】一実施形態における、ゲート構造上に形成された絶縁マンドレルの縦断側面図である。

【図 6】一実施形態における、絶縁マンドレル上に堆積された絶縁材料の縦断側面図である。

10

【図 7】一実施形態における、ゲート構造上に形成されたマンドレル及びマンドレルスペースを絶縁する場合の縦断側面図である。

【図 8】一実施形態における、マンドレル及びマンドレルスペースの絶縁後に堆積された絶縁層の縦断側面図である。

【図 9】一実施形態における、マンドレル及びマンドレルスペースの絶縁後に堆積された絶縁層に形成されたトレンチの縦断側面図である。

【図 10】一実施形態における、導電性材料が充填された絶縁層に形成されたトレンチの縦断側面図である。

【図 11】一実施形態における、平坦化後のトランジスタの縦断側面図である。

【図 12】一実施形態における、図 11 に示す平坦化トランジスタ上に堆積された絶縁層の縦断側面図である。

20

【図 13】一実施形態における、図 12 に示す絶縁層上に堆積された第 2 の絶縁層の縦断側面図である。

【図 14】一実施形態における、図 13 に示す絶縁層を通じて形成されたトレンチの縦断側面図である。

【図 15】一実施形態における、図 13 に示す絶縁層を通じて形成された多数のトレンチの縦断側面図である。

【図 16】一実施形態における、マンドレル及びマンドレルスペースを通じて形成されたトレンチの縦断側面図である。

【図 17】一実施形態における、ソース/ドレイン及びゲートへのローカル相互接続を備えたトランジスタ 100 の縦断側面図である。

30

【図 18】図 17 に示す実施形態とは別の実施形態におけるトランジスタ 100 を示す図である。

【図 19】一実施形態における、絶縁層を通じてソース/ドレインへ、レジストパターンを用いて形成されたトレンチの縦断側面図である。

【図 20】一実施形態における、絶縁層を通じてゲートへ形成されたゲート開口トレンチの縦断側面図である。

【図 21】レジストパターンが除去された場合における、図 20 に示す実施形態の縦断側面図である。

【図 22】一実施形態における、導電性材料が充填された絶縁層に形成されたゲート開口トレンチを含むトレンチの縦断側面図である。

40

【図 23】平坦化後における、図 22 に示すトランジスタの実施形態の縦断側面図である。

【図 24】一実施形態における、図 23 に示す平坦化トランジスタに堆積された絶縁層の縦断側面図である。

【図 25】一実施形態における、図 24 に示す絶縁層を通じて、レジストパターンを用いて形成されたトレンチの縦断側面図である。

【図 26】一実施形態における、図 25 に示す絶縁層を通じて、レジストパターンを用いて形成されたトレンチの縦断側面図である。

【図 27】レジストパターンが除去された場合における、図 26 に示す実施形態の縦断側

50

面図である。

【図 2 8】一実施形態における、導電性材料が充填された図 2 7 に示すトレンチの縦断側面図である。

【図 2 9】一実施形態における、平坦化後の図 2 8 に示すトランジスタの縦断側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本明細書では、本発明におけるいくつかの実施形態及び例示的な図面について例示的に述べるが、当業者であれば、本発明は記載の実施形態又は図面に限定されないことを認識するであろう。図面及び本明細書における詳細な説明は、本発明を開示の特定の形態に限定するものではなく、本発明が、添付の特許請求の範囲によって規定されるような本発明の意図及び範囲に含まれる全ての改変、均等及び代替を網羅することが理解されるであろう。本明細書において用いられる全ての項目は、ひとえに分類目的のためのものであり、本記載又は特許請求の範囲を限定することを意図するものではない。本明細書において用いられる「～し得る (may)」という単語は、必須である (すなわち、必ず必要である) という意味としてではなく、許容的な意味合いとして用いられる (すなわち、可能性の意味合いとして用いられる)。同様に、「含む (include)」という用語は、非限定的に含むという意味を含む。

【0021】

図 2 は、一実施形態における、トランジスタ 100 を形成するシリコン基板 101 上の置換金属ゲート構造 102 の縦断側面図である。トランジスタ 100 は、当該技術分野において周知の任意の種類のトランジスタであってよい。例えば、トランジスタ 100 は、平面トランジスタ (例えば、平面電界効果トランジスタ (FET)) 又は非平面トランジスタ (例えば、FinFET トランジスタ) であってよい。

【0022】

ある実施形態では、トランジスタ 100 は、基板 101 上に形成された置換金属ゲート構造 102 を含む。ゲート構造 102 は、当該技術分野において周知のプロセス (例えば、置換ゲートプロセスであるが、これに限定されない) によって、基板 101 上に形成されている。図 2 に示すように、ゲート構造 102 は、ゲートスペーサ 106 によって囲まれたゲート 104 を含む。ゲート 104 は、基板 101 のウェル領域 108 (トランジスタ 100 の活性領域) の上方に形成され、及び / 又は、トレンチ分離 110 (トランジスタの分離領域) の上方に形成されてもよい。トレンチ分離 110 は、いくつかの実施形態において、浅いトレンチ分離であってよい。

【0023】

ある実施形態では、ソース / ドレイン 112 は、基板 101 のウェル領域 108 内に形成されている。いくつかの実施形態では、ソース / ドレインは、プラチナバリア層 112 B によって分離された、埋設されたシリコンゲルマニウム (eSiGe) 層 112 A 及びニッケルシリサイドコンタクト 112 C を含む。当該技術分野において周知の他の種類のソース / ドレインも利用可能である。

【0024】

ある実施形態では、ゲート 104 は、金属ゲート 104 A (例えば、置換金属ゲート) であり、高 K (高誘電率) 材料 104 B 上に形成されている。図 2 中、各符号 (104 A, 104 B) を、明確さのために左端ゲートのみに示す。上述したように、金属ゲート 104 A 及び高 K 材料 104 B は、置換ゲートプロセスを用いて形成されてもよい。金属ゲート 104 A は、金属 (例えば、チタン、タンゲステン、窒化チタン又はこれらの組み合わせであるが、これらに限定されない) を含んでもよい。高 K 材料 104 B は、誘電体 (例えば、ケイ酸ハフニウム、ケイ酸ジルコニウム、二酸化ハフニウム、二酸化ジルコニウム又はこれらの組み合わせであるが、これらに限定されない) を含んでもよい。

【0025】

図 2 に示すように、ゲート 104 及びゲートスペーサ 106 は、絶縁層 114 によって

10

20

30

40

50

囲まれている。ある実施形態では、ゲートスペーサ 106 及び絶縁層 114 は、異なる絶縁材料から形成されているので、ゲートスペーサと絶縁層との間にエッチング選択性を得ることができる。例えば、ゲートスペーサ 106 は、窒化ケイ素から形成されてもよく、絶縁層 114 は、TEOS（オルトケイ酸テトラエチル）堆積から形成された酸化ケイ素であってよい。

#### 【0026】

ある実施形態では、図 2 に示す置換金属ゲート構造 102 は、例えば化学機械研磨（CMP）によって平坦化されている。ゲート構造 102 の平坦化後に、図 3 に示すように、絶縁層 116 がゲート構造上に形成（堆積）される。ある実施形態では、絶縁層 116 は、窒化ケイ素、又は、ゲートスペーサ 106 と同じ絶縁材料を含む。絶縁層 116 は、当該技術分野において周知の方法（例えば、プラズマ蒸着であるが、これに限定されない）を用いて形成されてもよい。ある実施形態では、絶縁層 116 は、平面の（非コンフォーミング（non-conforming）な）堆積プロセスを用いて形成される。ゲート構造が絶縁層に封入されるように、絶縁層 116 がゲート構造 102 上に形成される。

#### 【0027】

いくつかの実施形態では、図 4 に示すように、薄い絶縁層 118 は、ゲート構造と絶縁層 116 との間のゲート構造 102 上に形成（堆積）される。薄い絶縁層 118 は、酸化ケイ素、又は、絶縁層 114 と同じ絶縁材料を含んでもよい。

#### 【0028】

絶縁層 116 の堆積後に、絶縁層 116 のうち選択された部分を除去して、図 5 に示すように、絶縁マンドレル 120 をゲート 104 上に形成することができる。簡潔さのため、以降の図において全てのコンポーネント（例えば、各ゲート 104 又はゲートスペーサ 106）に参照符号を付すわけではない。各マンドレル 120 は、下側のゲート 104 とほぼ同じ幅を有するように形成されてもよい。ある実施形態では、各マンドレル 120 は、少なくとも下側のゲート 104 と同じ幅である（例えば、マンドレルの最小幅は、少なくとも下側のゲートの幅と同じであるが、マンドレルは、下側のゲートよりも若干幅広に形成されてもよい）。よって、各マンドレル 120 の縁部は、少なくとも下側のゲート 104 の縁部を超えて延びる。いくつかの場合において、整合問題及び／又は他の製造問題に起因して、1 つ以上のマンドレル 120 の幅は、下側のゲートの幅よりも小さい。マンドレルの幅は、当該技術分野において周知のインライン計測技術を用いて評価することができる。マンドレルが下側のゲートほど幅広ではない場合には、そのより狭い幅は、本明細書にて記載される後続の処理ステップ時において、マンドレルスペーサ幅を用いるために補償され得る。

#### 【0029】

マンドレル 120 は、絶縁層 116 を、レジストパターン又はマスクによってパターンニングすることによって、形成され得る。このレジストパターン又はマスクは、絶縁層のうち選択された部分を除去するように設計されており、その結果、残りの部分によって、ゲート 104 の上方のマンドレルが形成される。マンドレル 120 の形成に用いられるレジストパターン又はマスクは、CAD（コンピュータ支援設計）で設計されたパターン又はマスク（例えば、CAD 設計されたレジストパターン）であってよい。ある実施形態では、コンピュータ可読記憶媒体は、複数の命令を記憶している。各命令が実行されると、レジストパターン又はマスク設計（例えば、マンドレル 120 の形成に用いられる、CAD 設計されたレジストパターン又はマスクであるが、これに限定されない）が生成される。いくつかの実施形態において、マンドレル 120 の形成に用いられるレジストパターン及び／又はマスクは、ゲート 104 の形成に用いられるレジストパターン及び／又はマスクと同じである。同じレジストパターン及び／又はマスクを用いることにより、マンドレル 120 は、ゲート 104 とほぼ同じ限界寸法（例えば、幅）を有することが可能になる。

#### 【0030】

絶縁層 116 のうち、レジストパターン又はマスクによる除去対象として選択された部分は、例えば、絶縁層のうち選択された部分のエッチングによって除去することができる

10

20

30

40

50



。いくつかの実施形態において、絶縁層 1 1 6 のエッチングは、時限エッチングである。エッチングプロセスを時限的に行うことにより、エッチングは絶縁層 1 1 4 において停止する。いくつかの実施形態において、絶縁層 1 1 6 のエッチングに用いられるエッチングプロセスは、絶縁層 1 1 6 と絶縁層 1 1 4 との間において選択的に行われるため、絶縁層 1 1 6 の絶縁材料がエッチングされるのに対し、絶縁層 1 1 4 の絶縁材料はエッチングされない。例えば、エッチングプロセスにおいて、絶縁層 1 1 6 に用いられている窒化ケイ素はエッチングされるのに対し、絶縁層 1 1 4 に用いられている酸化ケイ素はエッチングされない。エッチングプロセスを時限的に行って絶縁層 1 1 4 で停止させることにより、ゲートスペーサ 1 0 6 へのエッチングの原因となり得るオーバーエッチングが無くなる。いくつかの実施形態において、エッチング停止層（例えば、図 4 に示す薄い絶縁層 1 1 8）は、絶縁層 1 1 6 のエッチング時におけるオーバーエッチングを抑制するためのベース層として用いられる。

10

#### 【0031】

マンドレル 1 2 0 の形成後に、図 6 に示すように、絶縁層 1 2 2 を、マンドレル及び絶縁層 1 1 4 上に形成（堆積）させる。ある実施形態では、絶縁層 1 2 2 は、窒化ケイ素、又は、マンドレル 1 2 0 と同じ絶縁材料を含む。絶縁層 1 2 2 は、当該技術分野において周知の方法（例えば、プラズマ蒸着であるが、これに限定されない）を用いて形成されてもよい。ある実施形態では、絶縁層 1 2 2 は、非平面又はコンフォーマル（conformal）な堆積プロセスを用いて形成される。非平面の堆積プロセスを用いることにより、図 6 に示すように、材料が堆積される表面（例えば、マンドレル 1 2 0）に絶縁材料が適合する。

20

#### 【0032】

絶縁層 1 2 2 の堆積後に、絶縁層の部分を除去（エッチバック）して、図 7 に示すように、マンドレルスペーサ 1 2 4 を形成する。マンドレルスペーサ 1 2 4 は、マンドレル 1 2 0 の周囲に形成されてもよく、マンドレルの側部（縁部）に隣接する。マンドレルスペーサ 1 2 4 は、絶縁層 1 2 2 の一部をエッチングプロセスによって除去することにより、形成され得る。このエッチングプロセスでは、側方と比べて下方に高速にエッチングされる。よって、エッチングプロセスにより、絶縁層材料は、垂直表面（例えば、側壁）よりも水平表面において高速に、好ましく除去される。エッチングパラメータ（例えば、エッチングプロセス時におけるエッチングバイアス及びエッチング時間）を制御することにより、マンドレルスペーサ 1 2 4 の最終幅を制御することができる。

30

#### 【0033】

いくつかの実施形態において、マンドレルスペーサ 1 2 4 の高さは、マンドレル 1 2 0 の高さと同様である。図 6 に示す絶縁層 1 2 2 の非平面（コンフォーマル）堆積に起因して、マンドレルスペーサ 1 2 4 は、図 7 に示すようにスペーサの上部から下部にかけてテーパ状（傾斜状）の外形を有する。そのため、マンドレルスペーサ 1 2 4 は、下部においてより幅広になっており、上部においてより幅狭になっている。

#### 【0034】

ある実施形態では、マンドレルスペーサ 1 2 4 の幅は、マンドレルスペーサ 1 2 4 の縁部がゲートスペーサ 1 0 6 の縁部を超えて延びるような幅になっている。絶縁層 1 2 2 の一部を除去する際に用いられるエッチングプロセスを調節すること（例えば、エッチングプロセス時におけるエッチングレート及び／若しくは選択性を制御すること）並びに／又はマンドレルスペーサの形成に用いられる絶縁層の堆積時における絶縁層 1 2 2 の厚さを調節することにより、マンドレルスペーサ 1 2 4 の幅を調節することができる。エッチングプロセス及び／又は堆積厚さの調節によってマンドレルスペーサ 1 2 4 を調節することが可能となることにより、マンドレルスペーサの幅を、ロット単位又はウェーハ単位で制御することが可能になる。

40

#### 【0035】

マンドレルスペーサ 1 2 4 の形成後に、図 8 に示すように、絶縁層 1 2 6 を、マンドレル 1 2 0、マンドレルスペーサ及び絶縁層 1 1 4 上に形成（堆積）させる。ある実施形態

50

では、絶縁層 1 2 6 は、酸化ケイ素、又は、絶縁層 1 1 4 と同じ絶縁材料を含む。絶縁層 1 2 6 は、当該技術分野において周知の方法（例えば、T E O S 堆積であるが、これに限定されない）を用いて形成することができる。ある実施形態では、絶縁層 1 2 6 は、平面堆積プロセスを用いて形成される。マンドレル 1 2 0 及びマンドレルスペーサ 1 2 4 が絶縁層に封入されるように、絶縁層 1 2 6 を形成することができる。

#### 【 0 0 3 6 】

絶縁層 1 2 6 の形成後に、図 9 に示すように、絶縁層 1 2 6 及び絶縁層 1 1 4 を通じてソース/ドレイン 1 1 2 ヘトレンチ 1 2 8 を形成することができる。絶縁層 1 2 6 及び絶縁層 1 1 4 が同じ絶縁材料から形成されているため、単一のエッチングプロセスを用いてトレンチ 1 2 8 を形成することができる。絶縁層 1 2 6 及び絶縁層 1 1 4 の絶縁材料（例えば、酸化ケイ素）のエッチングに対しては選択的であって、且つ、マンドレル 1 2 0 及びマンドレルスペーサ 1 2 4 の絶縁材料（例えば、窒化ケイ素）のエッチングに対しては選択的ではないエッチングプロセスを用いて、トレンチ 1 2 8 を形成することができる。

10

#### 【 0 0 3 7 】

マンドレルスペーサ 1 2 4 の少なくとも一部は、トレンチ 1 2 8 において露出される。トレンチ 1 2 8 の外形は、マンドレルスペーサ 1 2 4 の存在と、マンドレルスペーサの傾斜状の外形とに起因して、上部においてより幅広となっており、且つ、下部においてより幅狭の傾斜状になっている。そのため、トレンチ 1 2 8 の傾斜は、マンドレルスペーサ 1 2 4 の傾斜によって決定される。トレンチ 1 2 8 を形成する際に選択的エッチングを用いることにより、ゲート 1 0 4 の縁部及びゲートスペーサ 1 0 6 上に形成された、マンドレルスペーサ 1 2 4 の一部が除去されるのを抑制することができる。トレンチ 1 2 8 におけるマンドレルスペーサ 1 2 4 の幅及び外形を維持することにより、トレンチ、マンドレル 1 2 0、マンドレルスペーサ又はゲートにおいて何らかの不整合が有る場合でも、ゲート 1 0 4 の露出部分が、トレンチを充填するための材料と接触するのを抑制することができる。

20

#### 【 0 0 3 8 】

トレンチ 1 2 8 の形成後に、トレンチを、図 1 0 に示すように導電性材料 1 3 0 で充填する。導電性材料 1 3 0 は、例えば、タングステン、銅、チタン、窒化チタン又はこれらの組み合わせであってもよいが、これらに限定されない。導電性材料 1 3 0 は、当該技術分野において周知の方法（例えば、スパッタリング又は無電解析出であるが、これらに限定されない）を用いて、導電性材料の層として形成されてもよい。ある実施形態では、導電性材料 1 3 0 は、下方の層を導電性材料内に封入する平面堆積プロセスを用いて形成される。下方の層を導電性材料 1 3 0 内に封入することにより、導電性材料を、トレンチ 1 2 8 に完全に充填することができる。

30

#### 【 0 0 3 9 】

トレンチ 1 2 8 に導電性材料 1 3 0 を充填した後に、トランジスタ 1 0 0 を、図 1 1 に示すように平坦化することができる。トランジスタ 1 0 0 の平坦化は、例えば、トランジスタの C M P によって行うことができる。トランジスタ 1 0 0 の平坦化は、マンドレル 1 2 0 の上部及びマンドレルスペーサ 1 2 4 が平面表面において露出されるように材料を除去することを含み得る。トランジスタ 1 0 0 の平坦化の後に、トレンチ 1 2 8 内の導電性材料 1 3 0 により、ソース/ドレイン 1 1 2 に対するトレンチコンタクト 1 3 2 が形成される。

40

#### 【 0 0 4 0 】

トレンチコンタクト 1 3 2 は、トレンチ 1 2 8 の外形と共に形成され、下部よりも上部において幅広となる。そのため、トレンチコンタクト 1 3 2 の傾斜は、マンドレルスペーサ 1 2 4 の傾斜によって決定される。マンドレルスペーサ 1 2 4 及びトレンチコンタクト 1 3 2 の外形を傾斜させることにより、トレンチコンタクト 1 3 2 の導電性材料 1 3 0 が、ゲート 1 0 4 と接触（短絡）するのを抑制することができる。例えば、従来技術の装置の場合には、ゲート、トレンチコンタクトの形成時、又は、他のプロセスステップの実行時において少しでも不整合が有ると、トレンチコンタクトとゲートとの間の短絡が発生し

50

得る。図 1 1 に示すように、マンドレルスペーサ 1 2 4 は、ゲート 1 0 4 の縁部（及びゲートスペーサ 1 0 6）を超えて延びた下部が、より幅広の外形となっているため、トレンチ接点 1 3 2 とゲート 1 0 4 との間において短絡が発生する可能性がほとんど無く、トレンチコンタクトは自己整合する。

#### 【 0 0 4 1 】

ある実施形態では、マンドレルスペーサ 1 2 4 の傾斜及び幅に起因して、トレンチコンタクトの下部の限界寸法が低減するため、ゲート 1 0 4 からトレンチコンタクト 1 3 2 への容量結合が低下する。いくつかの実施形態において、ゲート 1 0 4 は幅広となる。ゲート 1 0 4 の幅広化は、トレンチコンタクト 1 3 2 に対する短絡の可能性の増加を招くこと無く、行うことが可能である。なぜならば、マンドレルスペーサ 1 2 4 の傾斜及び幅に起因して、ソース/ドレイン 1 1 2 上のトレンチコンタクトが自己整合するからである。ゲート 1 0 4 を幅広化することにより、漏洩の低減、電力低減の促進及び動作特性の増加となる。トレンチコンタクト 1 3 2 の自己整合により、製造マージンも増加する（例えば、短絡又は不整合などの製造問題の可能性が低下する）。

10

#### 【 0 0 4 2 】

平坦化プロセスの後に、図 1 2 に示すように、トランジスタ 1 0 0 の平面表面上に絶縁層 1 3 4 を形成（堆積）させる。ある実施形態では、絶縁層 1 3 4 は、窒化ケイ素、又は、マンドレル 1 2 0 及びマンドレルスペーサ 1 2 4 と同じ絶縁材料を含む。絶縁層 1 3 4 は、当該技術分野において周知の方法（例えば、プラズマ蒸着であるが、これに限定されない）を用いて形成することができる。ある実施形態では、絶縁層 1 3 4 は、平面堆積プロセスを用いて形成される。絶縁層 1 3 4 は、下方の層を封入する薄い絶縁層であってよい。

20

#### 【 0 0 4 3 】

ある実施形態では、図 1 3 に示すように、絶縁層 1 3 6 を絶縁層 1 3 4 上に形成（堆積）する。ある実施形態では、絶縁層 1 3 6 は、酸化ケイ素、又は、絶縁層 1 1 4 , 1 1 6 と同じ絶縁材料を含む。絶縁層 1 3 6 は、当該技術分野において周知の方法（例えば、TEOS 堆積であるが、これに限定されない）を用いて形成され得る。ある実施形態では、絶縁層 1 3 6 は、平面堆積プロセスを用いて形成される。絶縁層 1 3 6 は、下方の絶縁層 1 3 4 を封入する厚い絶縁層であってよい。

30

#### 【 0 0 4 4 】

絶縁層 1 3 6 の堆積の後に、図 1 4 に示すように、絶縁層 1 3 6 及び絶縁層 1 3 4 を通じてトレンチコンタクト 1 3 2 までのトレンチ 1 3 8 を形成する。ある実施形態では、トレンチ 1 3 8 は、トレンチコンタクト 1 3 2 及びソース/ドレイン 1 1 2 へのローカル相互接続のために用いられる。図 1 4 に示すように、トレンチコンタクト 1 3 2 は、上部が幅広の外形となっているため、トレンチ 1 3 8（及びトレンチを用いて得られるローカル相互接続）とトレンチコンタクトとの間の整合の許容性を向上させる。

#### 【 0 0 4 5 】

ある実施形態では、トレンチ 1 3 8 は、2ステップエッチングプロセスを用いて形成される。第 1 のステップにおいて、絶縁層 1 3 4 をエッチング停止層として用いて、絶縁層 1 3 6 がエッチング（酸化ケイ素エッチング）され得る。第 2 のステップにおいて、絶縁層 1 3 4（窒化ケイ素）を通じてトレンチコンタクト 1 3 2 まで、エッチングが行われ得る。

40

#### 【 0 0 4 6 】

ある実施形態では、図 1 5 に示すように、トレンチ 1 4 0 が、絶縁層 1 3 6 を通じて形成される。トレンチ 1 4 0 は、絶縁層 1 3 4 をエッチング停止層として用いて、絶縁層 1 3 6 から絶縁層 1 3 4 を通じて形成され得る。トレンチ 1 4 0 を用いて、ゲート 1 0 4 '（図 1 5 において右側のゲート）へのローカル相互接続経路を形成することができる。ゲート 1 0 4 ' は、トランジスタ 1 0 0 内の他のゲートから分離され得る（例えば、ゲート 1 0 4 ' は、トランジスタの分離領域内に存在し、その他のゲートは、活性領域内に存在する）。トレンチ 1 4 0 及びトレンチ 1 3 8 を、ゲート 1 0 4 ' 以外のゲートの上方にお

50

いて組み合わせることにより、ゲート104'への接続を行うことなく、ローカル相互接続を結合することが可能になる。

【0047】

トレンチ140を形成した後に、ゲート開口トレンチ142をゲートの上方に形成して、図16に示すように、ゲート104'へ接続することができる。トレンチ142は、ゲート開口トレンチであってよい。ゲート104'の上方のマンドレル120及びマンドレルスペース124を通じて、例えば窒化ケイ素エッチングプロセスを用いたエッチングを行うことにより、トレンチ142を形成することができる。トレンチ142を用いてゲート104'への接続を得ることによって、トランジスタ100内の他のゲートへの接続を用いることなく、ゲートを選択的に接続することが可能になる。エッチングプロセスは、時限エッチングプロセスであってよく、ゲート104'の周囲のゲートスペース106への有意なオーバーエッチングを制限する。ある実施形態では、トレンチ142を形成するためのエッチングプロセスは、自己整合プロセスである。なぜならば、エッチングプロセスは、マンドレル120及びマンドレルスペース124の絶縁材料（例えば、窒化ケイ素）に対して選択的であって、絶縁層114（酸化ケイ素）までエッチングしないからである。トレンチ138、トレンチ140及びトレンチ142の組み合わせを用いることにより、（ソース/ドレイン112と接触する）トレンチコンタクト132とゲート104'との間のルーティングのための簡単且つ双方向型のローカル相互接続スキームが得られる。

10

【0048】

いくつかの実施形態において、絶縁層136の絶縁材料のための第1のエッチングプロセスを用いて、トレンチ140と、絶縁層136内のトレンチ138の部分とを形成することができる。その後、第2のエッチングプロセスを用いて、トレンチ140の下方の絶縁層134がエッチングされることを回避するためのマスクを用いて、トレンチ138内の絶縁層134の部分除去することができる。いくつかの実施形態において、絶縁層134のための第2のエッチングプロセスを用いて、ゲート104'へのトレンチ142を形成することもできる。

20

【0049】

トレンチ138、トレンチ140及びトレンチ142に導電性材料を充填することにより、図17に示すように、ローカル相互接続144A、144B、144Cが形成される。ある実施形態では、トレンチ138、トレンチ140、トレンチ142に対して導電性材料を同時に充填する。ローカル相互接続144A、144B、144Cの形成に用いられる導電性材料は、トレンチコンタクト132の形成に用いられる材料（例えば、タングステン又は銅）と同じ材料であってよい。ある実施形態では、ローカル相互接続144A、144B、144Cは、双方向型のルーティング及びゲート開口トレンチ142の利用に起因して、他のルーティングスキームにおいて用いられるローカル相互接続よりも肉厚である。より肉厚のローカル相互接続を用いることにより、ローカル相互接続層における抵抗が低下するため、トランジスタ性能が向上する。

30

【0050】

ある実施形態では、トレンチ138、トレンチ140及びトレンチ142に導電性材料を充填した後に、トランジスタ100を（例えば、CMPを用いて）平坦化させて、図17に示す平面表面を形成する。図18に示すトランジスタ100の別の実施形態が図17に示す実施形態と異なる点は、図4に示した薄い絶縁層118が絶縁層116の下方に用いられている点にある。

40

【0051】

図15～図18に示すように、ローカル相互接続144Cを形成するプロセスは、比較的大きな段差高さでエッチング（トレンチ形成）及び/又はトレンチ充填を行うことを含む。例えば、図16に示すように、ゲート開口トレンチ142を、絶縁層136のトレンチ140を通じてゲート104'まで形成した場合には、大きなステップ高さが発生する。このような大きなステップ高さの場合には、プロセス時における高さ変化が大きいため

50

、制御可能な態様でエッチング及び充填を行うことが困難になる場合がある。例えば、装置の上面（絶縁層 136 の上部）とゲート 104' の上面との間の高さに大きな差があるため、ゲート開口トレンチ 142 のアスペクト比の制御が困難になる場合がある。

#### 【0052】

大きな段差高さに起因する問題に対処し、より歩留まりの良いより簡単なプロセスフローを提供するために、ゲート開口トレンチ及びトレンチコンタクトの充填を単一のプロセスで行うことが可能なプロセスを提供することが可能である。ゲート開口トレンチ及びトレンチコンタクトを同時に充填することにより、より簡単なプロセスが可能になり、ゲート開口へのローカル相互接続に関連するエッチングステップ及び充填ステップ時における段差を低減することができる。

10

#### 【0053】

図 19 ~ 図 29 は、図 8 に示すトランジスタ 100 の構造から連続するトレンチコンタクト及びローカル相互接続を形成するための別のプロセスを用いて形成されたトランジスタ 200 の構造の縦断側面図である（例えば、トランジスタ 200 は、トランジスタ 100 の別の実施形態である）。図 8 に示すように絶縁層 126 を形成した後に、図 19 に示すように、レジスト 202 から形成されたレジストパターンを用いて、トレンチ 128 を、絶縁層 126 及び絶縁層 114 を通じてソース/ドレイン 112 へ形成する。絶縁層 126 及び絶縁層 114 の絶縁材料（例えば、酸化ケイ素）を選択的にエッチングし、且つ、マンドレル 120 及びマンドレルスペーサ 124 の絶縁材料（例えば、窒化ケイ素）をエッチングしないエッチングプロセスを用いて、トレンチ 128 を形成することができる。

20

#### 【0054】

トレンチ 128 の形成後に、レジスト 202 から形成された別のレジストパターンを用いてトランジスタ 200 をパターンニングして、図 20 に示すように、ゲート開口トレンチ 142 を形成する。第 1 のエッチングプロセス（例えば、酸化ケイ素エッチングプロセス）を用いて絶縁層 126 をマンドレル 120 までエッチングした後に、ゲート 104'（分離ゲート）の上方のマンドレル 120 及びマンドレルスペーサ 124 を通じて第 2 のエッチングプロセス（例えば、窒化ケイ素エッチングプロセス）を用いたエッチングを行うことにより、トレンチ 142 を形成することができる。いくつかの実施形態において、マンドレル 120 及びマンドレル 124 は、第 1 のエッチングプロセスのためのエッチング停止層として用いられる。いくつかの実施形態において、第 3 のエッチングプロセスは、絶縁層 118（図 4 に示す）を通じたエッチングのために必要であってよい。絶縁層 118 は、第 2 のエッチングプロセスのためのエッチング停止層として用いられ得る。

30

#### 【0055】

いくつかの実施形態において、上記のエッチングプロセスのうち 1 つ以上は時限エッチングプロセスであり、有意なオーバーエッチング（例えば、ゲート 104' の周囲のゲートスペーサ 106 へのエッチング）を制限する。ある実施形態では、トレンチ 142 を形成するための第 2 のエッチングプロセスは、自己整合プロセスである。なぜならば、第 2 のエッチングプロセスは、マンドレル 120 及びマンドレルスペーサ 124 の絶縁材料（例えば、窒化ケイ素）に対して選択的であって、絶縁層 114（酸化ケイ素）までエッチングしないからである。

40

#### 【0056】

図 20 に示すように、ゲート開口トレンチ 142 は、トレンチ 128 の形成直後に形成されるため、ゲート開口トレンチを形成するためのエッチングプロセスは、（トレンチ 128 とゲート開口トレンチ 142 とを形成する間に中間ステップがいくつか必要となる）図 16 について述べたゲート開口トレンチの形成のためのエッチングよりも浅い。より浅いエッチングプロセスにより、ゲート開口トレンチ 142 のアスペクト比の制御が向上する。図 20 に示すように、ゲート開口トレンチ 142 のためのレジストパターンの形成のために用いられるレジスト 202 によってトレンチ 128 を充填して、ゲート開口トレンチの形成時におけるトレンチ 128 のエッチングを抑制する。

50

## 【0057】

ゲート開口トレンチ142の形成後にレジスト202を除去して、図21に示すように、トレンチ128及びゲート開口トレンチを露出させる。トレンチ128及びゲート開口トレンチ142は、相対的に類似する段差高さを有する。レジスト除去後に、図22に示すように、導電性材料130をトレンチ128及びゲート開口トレンチ142に充填する。ある実施形態では、単一のプロセス（例えば、同一プロセス）で導電性材料130をトレンチ128及びゲート開口トレンチ142に充填する。

## 【0058】

導電性材料130は、例えば、タングステン、銅、チタン、窒化チタン又はこれらの組み合わせを含み得るが、これらに限定されない。当該技術分野において周知の方法（例えば、スパッタリング又は無電解析出であるが、これらに限定されない）を用いて、導電性材料130を導電性材料の層として形成することができる。ある実施形態では、下方の層を導電性材料に封入する平面堆積プロセスを用いて、導電性材料130を形成する。下方の層を導電性材料130に封入することにより、導電性材料をトレンチ128及びゲート開口トレンチ142に完全に充填することができる。

## 【0059】

導電性材料130をトレンチ128及びゲート開口トレンチ142に充填した後に、図23に示すように、トランジスタ200が平坦化され得る。トランジスタ200の平坦化は、例えばトランジスタのCMPによって行われ得る。トランジスタ200を平坦化することは、マンドレル120及びマンドレルスペーサ124の上部が平面表面において露出するように材料除去を行うことを含み得る。トランジスタ200の平坦化後に、トレンチ128内の導電性材料130によって、ソース/ドレイン112へのトレンチコンタクト132が形成され、ゲート開口トレンチ142内の導電性材料130によって、ゲート104へのゲート開口トレンチコンタクト204が形成される。

## 【0060】

平坦化プロセスの後に、図24に示すように、絶縁層134及び絶縁層136がトランジスタ200の平面表面上に形成（堆積）される。ある実施形態では、絶縁層134は、窒化ケイ素、又は、マンドレル120及びマンドレルスペーサ124と同じ絶縁材料を含む。絶縁層134は、当該技術分野において周知の方法（例えば、プラズマ蒸着であるが、これに限定されない）を用いて形成することができる。ある実施形態では、絶縁層134は、平面堆積プロセスを用いて形成される。絶縁層134は、下方の層を封入する薄い絶縁層であってよい。

## 【0061】

ある実施形態では、絶縁層136は、酸化ケイ素、又は、絶縁層114、116と同じ絶縁材料を含む。絶縁層136は、当該技術分野において周知の方法（例えば、TEOS堆積であるが、これに限定されない）を用いて形成され得る。ある実施形態では、絶縁層136は、平面堆積プロセスを用いて形成される。絶縁層136は、下方の絶縁層134を封入する厚い絶縁層であってよい。

## 【0062】

絶縁層136の堆積後に、図25に示すように、レジスト202から形成されたレジストパターンを用いて、トレンチ206を、絶縁層136を通じて形成する。ある実施形態では、絶縁層134は、絶縁層136を通じてトレンチ206を形成するためのエッチング停止層として用いられる。いくつかの実施形態において、絶縁層134は用いられない（すなわち、エッチング停止層は存在しない）。エッチング停止層を用いない実施形態では、時限エッチングを用いて、絶縁層136を通じて形成されたトレンチ206の深さを制御する。しかし、時限エッチングの制御が不適切である場合には、オーバーエッチング問題の可能性が生じる。

## 【0063】

トレンチ206の形成後に、図26に示すように、レジスト202から形成された別のレジストパターンを用いて、トレンチ208を、絶縁層136を通じて形成することがで

10

20

30

40

50

きる。絶縁層 134 をエッチング停止層として用いて、トレンチ 208 を、絶縁層 136 を通じて絶縁層 134 まで形成してもよいし、絶縁層 134 無しに時限エッチングを用いることによって形成してもよい。

#### 【0064】

トレンチ 206 及びトレンチ 208 の形成を完了するには、エッチングプロセスを用いて絶縁層 134 をトレンチから除去し、図 27 に示すように、トランジスタ 200 の表面からレジスト 202 を除去する。ある実施形態では、絶縁層 134 を除去するためのエッチングプロセスは時限エッチングプロセスであり、トレンチ 208 内で露出されたマンドレル 120 及びマンドレルスペーサ 124 へのオーバーエッチングを抑制する。

#### 【0065】

ある実施形態では、トレンチ 206 は、トレンチコンタクト 132 及びソース/ドレイン 112 へのローカル相互接続に用いられる。トレンチ 208 を用いて、ゲート 104' (図 27 において右側のゲート) へのローカル相互接続経路を形成することができる。ある実施形態では、トレンチ 208 を 1 つのトレンチ 206 と組み合わせて、ゲート 104' (分離ゲート) のためのローカル相互接続と、トレンチコンタクト 132 及びソース/ドレイン 112 のためのローカル相互接続とを結合することができる。トレンチ 206 及びトレンチ 208 を組み合わせることにより、(ソース/ドレイン 112 と接触する) トレンチコンタクト 132 と、ゲート 104' との間のルーティングのための簡単且つ双方向型のローカル相互接続スキームを得ることができる。

#### 【0066】

絶縁層 134 の除去後に、図 28 に示すように、導電性材料 210 を、トレンチ 206 及びトレンチ 208 に充填することができる。導電性材料 210 は、例えば、タングステン、銅、チタン、窒化チタン又はこれらの組み合わせを含み得るが、これらに限定されない。導電性材料 210 は、当該技術分野において周知の方法 (例えば、スパッタリング又は無電解析出であるが、これらに限定されない) を用いて、導電性材料の層として形成することができる。導電性材料 210 は、トレンチコンタクト 132 の形成に用いられる材料 (例えば、導電性材料 130) と同じ材料であってよい。ある実施形態では、導電性材料 210 は、下方の層を導電性材料に封入する平面堆積プロセスを用いて形成される。下方の層を導電性材料 210 に封入することにより、導電性材料を、トレンチ 206 及びトレンチ 208 に完全に封入することができる。

#### 【0067】

トレンチ 206 及びトレンチ 208 に導電性材料 210 を封入した後に、図 29 に示すように、(例えば CMP を用いて) トランジスタ 200 を平坦化することができる。トランジスタ 200 の平坦化は、絶縁層 136 の 1 つ以上の部分が平面表面において露出されるように材料除去を行うことを含んでもよい。トランジスタ 200 の平坦化後に、トレンチ 206 内の導電性材料 210 によって、トレンチコンタクト 132 へのローカル相互接続 212A が形成され、トレンチ 208 内の導電性材料 210 によって、ゲート開口トレンチコンタクト 204 へのローカル相互接続 212B が形成される。ローカル相互接続及びゲート開口トレンチを連続物質 (continuous material) (例えば、図 17 に示すローカル相互接続 144C 及びゲート開口トレンチ 142) とするのではなく、図 29 に示すように、ゲート開口トレンチコンタクト 204 は、ローカル相互接続 212B との界面を有する。

#### 【0068】

図 29 に示すような実施形態では、双方向型のルーティング及びゲート開口トレンチコンタクト 204 の利用に起因して、ローカル相互接続 212A, 212B は、他のルーティングスキームにおいて用いられるローカル相互接続よりも肉厚である。より肉厚のローカル相互接続を用いることにより、ローカル相互接続層内の抵抗が低下するため、トランジスタ性能の向上が可能になる。ある実施形態では、トレンチコンタクト 132 とゲート開口トレンチコンタクト 204 との間のローカル相互接続 212A, 212B を用いてルーティングを行うことにより、セル密度が向上し、技術スケーリングも向上し (例えば、

10

20

30

40

50

スケーリングの15nm技術までの低下)、且つ/又は、ライブラリセルのサイズが低減する。いくつかの実施形態において、トレンチコンタクト132とゲート開口トレンチコンタクト204との間のローカル相互接続212A, 212Bを用いてルーティングを行うことにより、絶縁層136のトレンチコンタクト及び/又はゲート開口トレンチ間のルーティングにおいて複数の選択肢が可能となるため、ルーティングが柔軟になる。

【0069】

図2～図29に示す実施形態では、ゲートのソース/ドレインへ接続する自己整合型のトレンチコンタクトを用いることができるため、簡単なローカル相互接続スキームを得ることができる。この簡単なローカル相互接続スキームは、置換ゲートフローの上方に延び、トレンチコンタクト及びゲートへと接続する。本明細書に記載されるいくつかの実施形態により、トレンチコンタクトに対する下部ゲートと、ローカル相互接続結合容量とが得られる。本明細書に記載される実施形態を用いることにより、従来の置換ゲートフロー接続スキームの場合と比較して、層間の抵抗界面の数をさらに低減することができる。さらに、本明細書に記載される自己整合プロセスの実施形態により、製造歩留まりが向上する。なぜならば、コンタクト間の不整合の可能性が低下し、また、本明細書に記載のプロセスを用いれば、従来の置換ゲートフロー接続スキーム並びに/又は選択的エッチング層及びより制限的な整合規則を用いたプロセスフローと比較して、より簡単なプロセスフローが可能となるからである。

【0070】

図2～図29について上述したプロセスの実施形態を用いて、例えば、図2に示すような置換ゲートフローを用いた任意の半導体装置を形成することができる。例えば、上述した実施形態を用いて、マイクロプロセッサ、記憶装置(例えば、SRAM装置)、モバイル技術装置又は(製造時において置換ゲートフローを用いる)他の任意の装置技術のために用いられる半導体装置を形成することができる。

【0071】

当業者は、本記載を考慮して、本発明の多様な態様のさらなる改変的な実施形態、及び、代替的な実施形態を想起するであろう。よって、本記載は、ひとえに例示的なものとして解釈されるべきものであり、当業者に対して本発明の一般的な実行方法を教示する目的のためのものである。本明細書に図示及び記載される本発明の形態は、現在において好適な実施形態としてとられるべきものであることが理解される。当業者が本発明の本記載の恩恵を読めば明らかとなるように、要素及び材料については、本明細書に例示および記載したものとの代替が可能であり、部分およびプロセスの逆転が可能であり、本発明の特定の特徴は独立的に用いることが可能である。本明細書中に記載の要素については、以下の特許請求の範囲に記載されるような本発明の範囲の意図および範囲から逸脱すること無く変更が可能である。

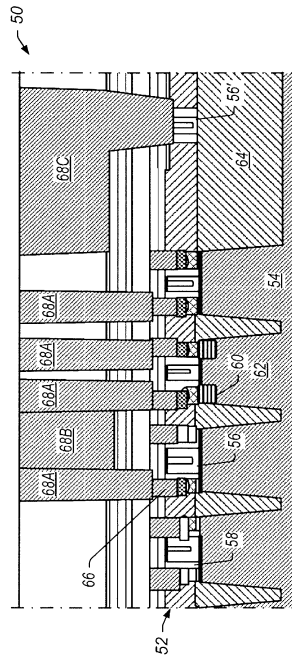
10

20

30

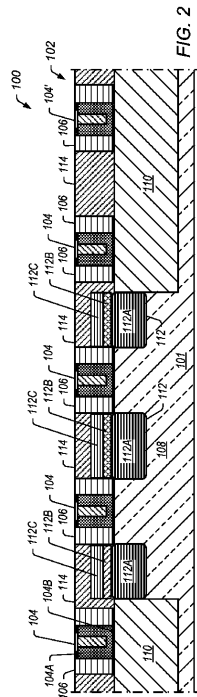


【 図 1 】

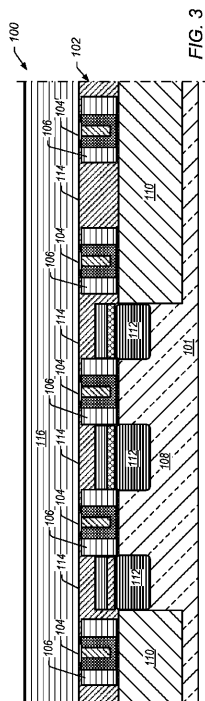


(先行技術)

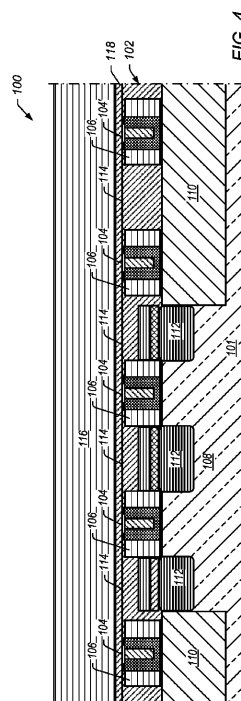
【 図 2 】



【 図 3 】



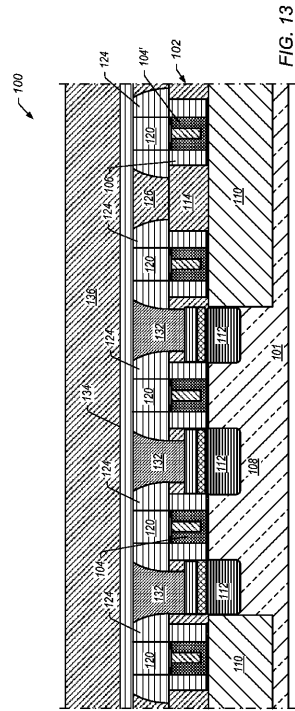
【 図 4 】



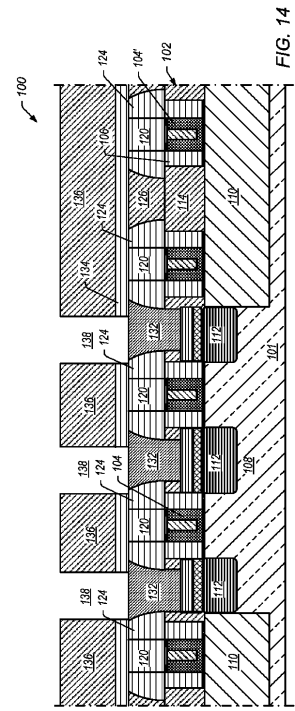




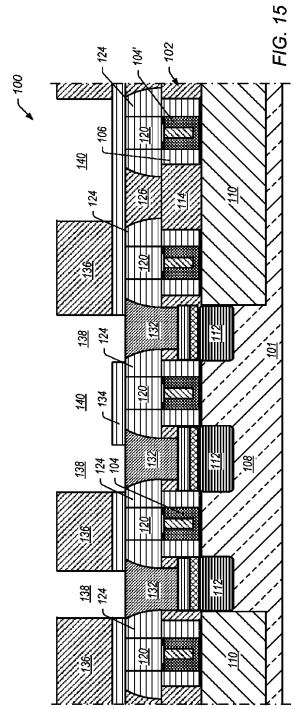
【図 13】



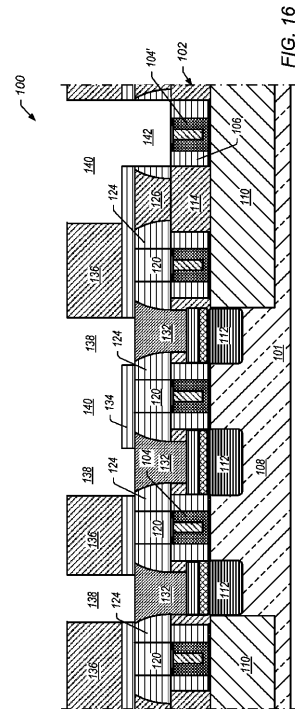
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【図 17】

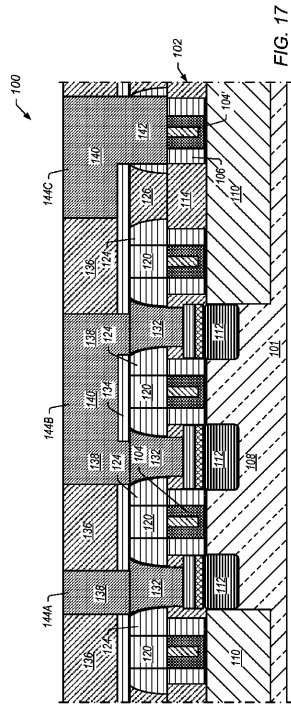


FIG. 17

【図 18】

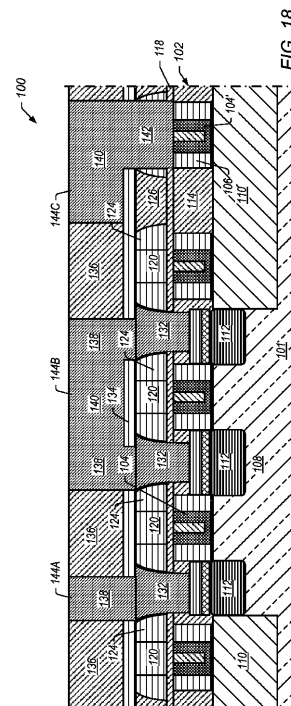


FIG. 18

【図 19】

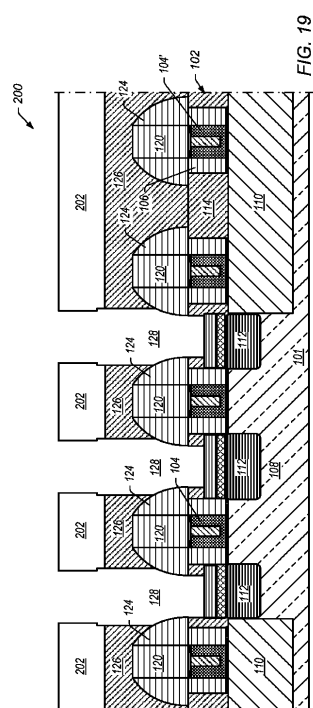


FIG. 19

【図 20】

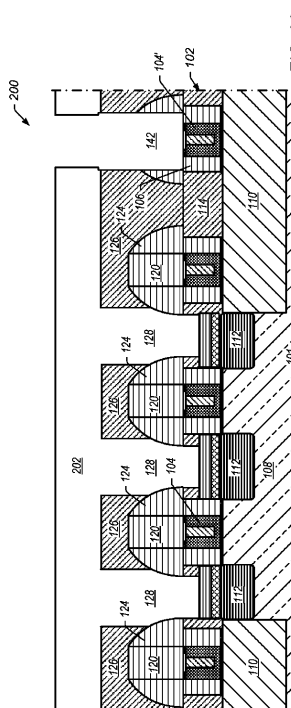
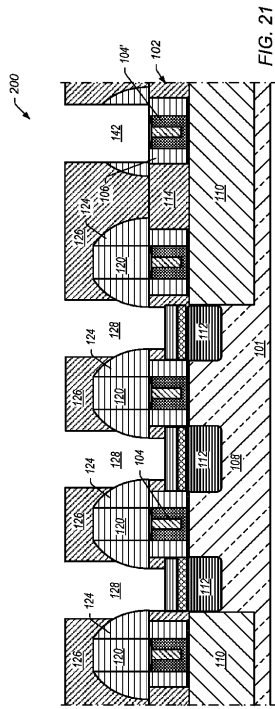
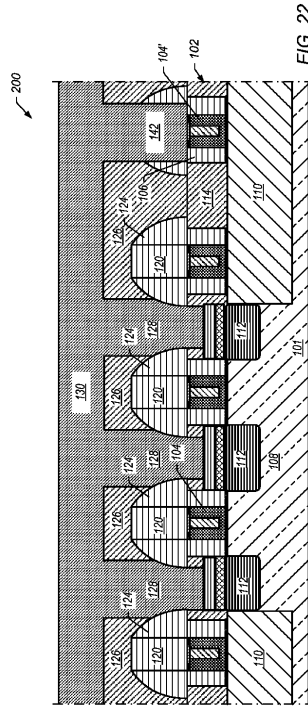


FIG. 20

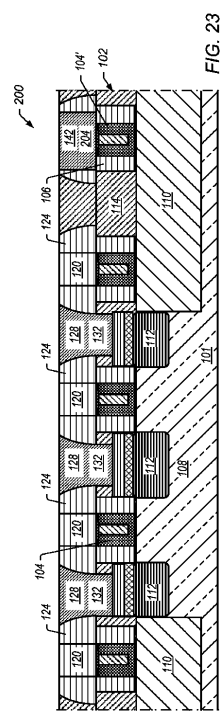
【図 2 1】



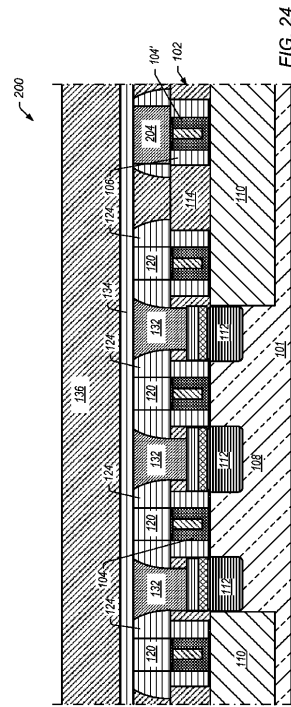
【図 2 2】



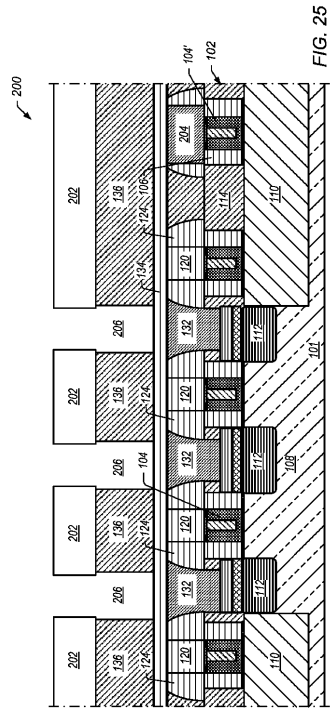
【図 2 3】



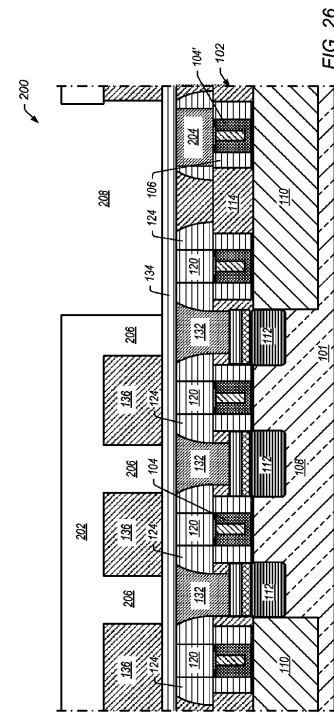
【図 2 4】



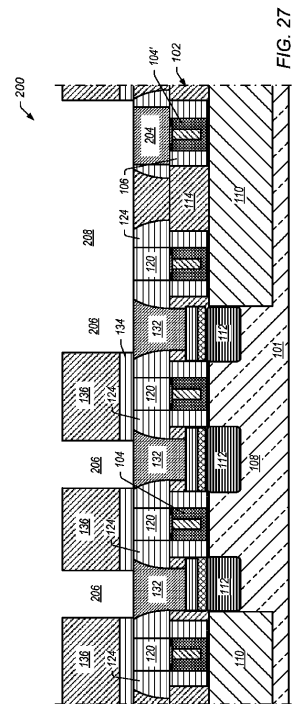
【図 25】



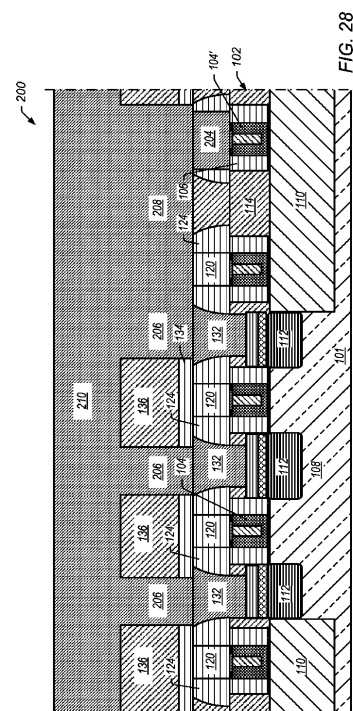
【図 26】



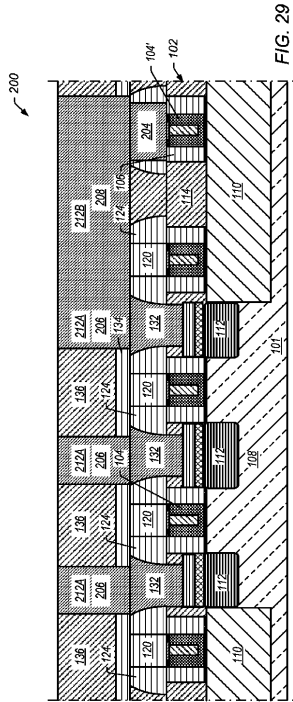
【図 27】



【図 28】



【図 29】





---

フロントページの続き

(74)代理人 100162156

弁理士 村雨 圭介

(72)発明者 リチャード ティー . シュルツ

アメリカ合衆国、80526 コロラド州、フォート コリンズ、ウィッジン ストリート 42  
43

審査官 右田 勝則

(56)参考文献 特開2000-114244(JP,A)

米国特許第06277727(US,B1)

米国特許出願公開第2007/0134909(US,A1)

米国特許第07037774(US,B1)

特開2004-228570(JP,A)

米国特許出願公開第2004/0166667(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/28

H01L 21/336

H01L 21/768

H01L 29/78