

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-501524

(P2007-501524A)

(43) 公表日 平成19年1月25日(2007.1.25)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 29/786 (2006.01)	H01L 29/78 613A	5F048
H01L 21/8234 (2006.01)	H01L 27/08 102A	5F110
H01L 27/088 (2006.01)	H01L 27/08 331E	
H01L 27/08 (2006.01)	H01L 29/78 613Z	
	H01L 29/78 618C	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 25 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2006-522626 (P2006-522626)
 (86) (22) 出願日 平成16年7月28日 (2004. 7. 28)
 (85) 翻訳文提出日 平成18年3月22日 (2006. 3. 22)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2004/024590
 (87) 国際公開番号 W02005/034207
 (87) 国際公開日 平成17年4月14日 (2005. 4. 14)
 (31) 優先権主張番号 10/633, 504
 (32) 優先日 平成15年8月5日 (2003. 8. 5)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

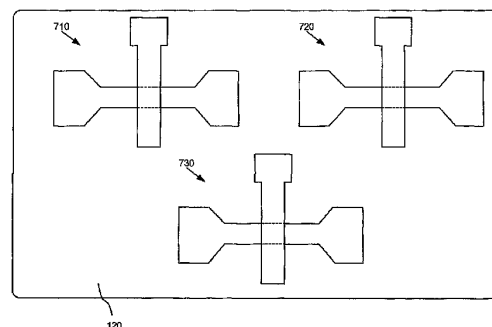
(71) 出願人 591016172
 アドバンスド・マイクロ・デバイス・
 インコーポレイテッド
 ADVANCED MICRO DEVI
 CES INCORPORATED
 アメリカ合衆国、94088-3453
 カリフォルニア州、サニペイル、ピー・
 オウ・ボックス・3453、ワン・エイ・
 エム・ディ・プレイス、メイル・ストップ
 ・68 (番地なし)
 (74) 代理人 100099324
 弁理士 鈴木 正剛
 (74) 代理人 100111615
 弁理士 佐野 良太

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 全体的な設計目標を達成すべく、半導体デバイス中のキャリア移動度の可変な半導体デバイス

(57) 【要約】

半導体デバイス(100)は、基板(110)、およびこの基板(110)上に形成される絶縁層(120)を含む。第1デバイス(710)は第1フィン(130)を含む絶縁層(120)上に形成される。この第1フィン(130)は、絶縁層(120)上に形成され、第1アスペクト比を有する。第2デバイス(720)は、第2フィン(130)を含む絶縁層(120)上に形成される。この第2フィン(130)は、絶縁層(120)上に形成され、第1アスペクト比と異なる第2アスペクト比を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板（１１０）と、
前記基板（１１０）上に形成される絶縁層（１２０）と、
前記絶縁層（１２０）上に形成されるとともに、第１フィンアスペクト比を有する第１フィン（１３０）を含む、前記絶縁層（１２０）上に形成される第１デバイス（７１０）と、
前記絶縁層（１２０）上に形成されるとともに、前記第１フィンアスペクト比と異なる第２フィンアスペクト比を有する第２フィン（１３０）を含む、前記絶縁層（１２０）上に形成される第２デバイス（７２０）と、
を含む、半導体デバイス（１００）。

10

【請求項 2】

前記第１デバイス（７１０）はＮＭＯＳデバイスであり、前記第２デバイス（７２０）はＰＭＯＳデバイスである、請求項 1 記載の半導体デバイス（１００）。

【請求項 3】

前記第１デバイス（７１０）および前記第２デバイス（７２０）は、単一の回路素子に含まれる、請求項 1 記載の半導体デバイス（１００）。

【請求項 4】

前記第１デバイス（７１０）の前記第１フィン（１３０）の第１キャリア移動度は、前記第２デバイス（７２０）の前記第２フィン（１３０）の第２キャリア移動度と異なる、請求項 1 記載の半導体デバイス（１００）。

20

【請求項 5】

前記第１デバイス（７１０）は、
前記第１フィン（１３０）の少なくとも３つの面上に形成される第１ゲート絶縁層（４１０）（５１０）（６１０）と、
前記第１フィン（１３０）の少なくとも３つの面上に形成される第１ゲート材料層（４２０）（５２０）（６２０）と、
をさらに含んでおり、
前記第２デバイス（７２０）は、
前記第２フィン（１３０）の少なくとも３つの面上に形成される第２ゲート絶縁層（４１０）（５１０）（６１０）と、
前記第２フィン（１３０）の少なくとも３つの面上に形成される第１ゲート材料層（４２０）（５２０）（６２０）と、
をさらに含む、請求項 1 記載の半導体デバイス（１００）。

30

【請求項 6】

前記第１ゲート絶縁層（６１０）と前記第１ゲート材料層（６２０）は、前記第１フィン（１３０）の４つの面上に形成される、請求項 5 記載の半導体デバイス（１００）。

【請求項 7】

前記第２ゲート絶縁層（６１０）と前記第２ゲート材料層（６２０）は、前記第２フィン（１３０）の４つの面上に形成される、請求項 6 記載の半導体デバイス（１００）。

40

【請求項 8】

絶縁層（１２０）と、
前記絶縁層（１２０）上に形成され、第１高さおよび第１幅を有する第１フィン（１３０）、前記第１フィン（１３０）の少なくとも３つの面上に形成される第１ゲート絶縁層（４１０）（５１０）（６１０）、および前記第１ゲート絶縁層（４１０）（５１０）（６１０）に隣接する第１ゲート（４３０）（５３０）（６３０）を含む、前記絶縁層（１２０）上に形成される第１デバイス（７１０）と、
前記絶縁層（１２０）上に形成され、第２高さおよび第２幅を有する第２フィン（１３０）、前記第２フィン（１３０）の少なくとも３つの面上に形成される第２ゲート絶縁層（４１０）（５１０）（６１０）、および前記第２ゲート絶縁層（４１０）（５１０）（

50

6 1 0) に隣接する第 2 ゲート (4 3 0) (5 3 0) (6 3 0) を含む、前記絶縁層 (1 2 0) 上に形成される第 2 デバイス (7 2 0) と、

を含み、前記第 1 高さとおよび前記第 1 幅の第 1 比は、前記第 2 高さとおよび前記第 2 幅の第 2 比と異なる、

半導体デバイス (1 0 0)。

【請求項 9】

前記絶縁層 (1 2 0) 上に形成され、第 3 高さおよび第 3 幅を有する第 3 フィン (1 3 0)、前記第 3 フィン (1 3 0) の少なくとも 3 つの面上に形成される第 3 ゲート絶縁層 (4 1 0) (5 1 0) (6 1 0)、および前記第 3 ゲート絶縁層 (4 1 0) (5 1 0) (6 1 0) に隣接する第 3 ゲート (4 3 0) (5 3 0) (6 3 0) を含む、前記絶縁層 (1 2 0) 上に形成される第 3 デバイス (7 3 0) をさらに含んでおり、

前記第 3 高さとおよび前記第 3 幅の第 3 比は、前記第 1 比および前記第 2 比と異なる、請求項 8 記載の半導体デバイス (1 0 0)。

【請求項 10】

絶縁層 (1 2 0) と、

前記絶縁層 (1 2 0) 上に形成され、第 1 高さおよび第 1 幅を有する第 1 フィン (1 3 0) を含む、前記絶縁層 (1 2 0) 上に形成される N 型デバイス (7 1 0) と、

前記絶縁層 (1 2 0) 上に形成され、第 2 高さおよび第 2 幅を有する第 2 フィン (1 3 0) を含む、前記絶縁層 (1 2 0) 上に形成される P 型デバイス (7 2 0) と、

を含んでおり、

前記第 2 幅は、前記第 1 幅の所定倍であり、

前記 N 型デバイス (7 1 0) のキャリア移動度が前記 P 型デバイス (7 2 0) のキャリア移動度とほぼ等しいように、前記第 1 高さおよび前記第 2 高さが形成される、

半導体デバイス (1 0 0)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイス、および半導体デバイスを製造する方法に関する。本発明は特に、ダブルゲートデバイスに適用することができる。

【背景技術】

【0002】

超々大規模集積回路の半導体デバイスに関する密度の高さ、性能の高さに対する拡大する要求は、100 ナノメートル (nm) 未満のゲート長のような構造的要素、高い信頼性、および製造処理能力の向上を要求する。構造的要素を 100 nm 未満に減少することは、従来の方法の限界に挑むこととなる。

【0003】

例えば、従来のプレーナ型の MOS 電界効果トランジスタ (MOSFET) のゲート長を 100 nm 未満にスケールした場合、ソースおよびドレイン間の過度の漏れ電流のような短チャネル効果に関連する問題を克服することがますます困難になる。さらに、移動度低下および多くのプロセス問題によって、さらに小さなデバイス構造を含めるように従来の MOSFET をスケールすることが困難になる。

したがって、FET 性能を改善するとともにさらなるデバイス・スケールを可能とすべく、新規なデバイス構造が求められている。

【0004】

ダブルゲート MOSFET は、既存のプレーナ型の MOSFET に代わる候補となっている新規なデバイスである。いくつかの点において、ダブルゲート MOSFET は従来のバルクシリコン MOSFET よりも優れた特性を呈する。

これらの優れた特性は、ダブルゲート MOSFET が従来の MOSFET のようにチャネルの片側だけではなくチャネルの 2 つの側にゲート電極を有することから生ずる。

2 つのゲートがある場合、ドレインによって生成される電界はチャネルのソース端から

より遮断される。また、2つのゲートはシングルゲートのおよそ2倍の電流を制御することができ、これによりスイッチング信号がより強くなる。

【0005】

F i n F E Tは、短チャネル耐性に優れている最近のM O S F E T構造である。

F i n F E Tは、パーティカルフィン (vertical fin) 中に形成されるパーティカルチャネルを含んでいる。このF i n F E T構造は、従来のプレーナ型のM O S F E Tで使

【発明の開示】

【0006】

本発明の一形態は、第1フィン・アスペクト比を有する第1 F i n F E Tデバイスと、
第2フィン・アスペクト比を有する第2 F i n F E Tデバイスとを提供する。 10

【0007】

本発明のさらなる利点および他の構造は、以下の詳細な説明で記載される。そしてその一部は、以下の検討に基づいて当業者に明白になるであろう。または本発明を実行することによって認識できる。本発明の利点および構造は、添付された請求項で特に指摘されるように理解され、達成される。

【0008】

本発明によれば、前述およびその他の利点の一部は、基板と、この基板上に形成された絶縁層を含む半導体デバイスによって達成される。

絶縁層上に、第1フィンを含む第1デバイスを形成してもよい。この第1フィンは、絶縁層上に形成され第1フィン・アスペクト比を有し得る。絶縁層上に、第2フィンを含む第2デバイスを形成してもよい。この第2フィンは、絶縁層上に形成され第1フィン・アスペクト比と異なる第2フィン・アスペクト比を有し得る。 20

【0009】

本発明の他の態様によれば、半導体デバイスは、絶縁層、およびこの絶縁層上に形成される第1デバイスを含んでもよい。

この第1デバイスは、絶縁層上に形成され、第1高さおよび第1幅を有する第1フィンを含むことができる。この第1デバイスはまた、第1フィンの少なくとも3つの側面に形成される第1絶縁層、および第1ゲートを含み得る。

第2デバイスは絶縁層上に形成される。この第2デバイスは、絶縁層上に形成される。この第2デバイスは、絶縁層上に形成され、第2高さおよび第2幅を有している第2フィンを含んでいる。この第2デバイスはまた、第2フィンの少なくとも3つの側面に形成される第2絶縁層、およびこの第2絶縁層に隣接する第2ゲートを含み得る。 30

第1高さおよび第1幅の第1比は、第2高さおよび第2幅の第2比と異なる。

【0010】

本発明のさらなる態様によれば、半導体デバイスは、絶縁層、およびこの絶縁層上に形成されるN型デバイスを含んでもよい。

このN型デバイスは、絶縁層上に形成され、第1高さおよび第1幅を有する第1フィンを含み得る。P型デバイスは、絶縁層上に形成され得る。このP型デバイスは、絶縁層上に形成され、第2高さおよび第2幅を有している第2フィンを含み得る。第2幅は、第1幅の所定倍であり得る。N型デバイスのキャリア移動度がP型のデバイスのキャリア移動度とほぼ等しいように、第1高さおよび第2高さを形成してもよい。 40

【0011】

本発明の他の利点および構成は、以下の詳細な説明から、当業者に容易に明白になるであろう。図示および記載した実施形態は、本発明を実行するために熟考された最良のモードの例として、記載されている。本発明は、この発明内のすべての様々な明白な点における修正例ができる。このように、図面は、本来例示的なものであって、制限的なものではないとみなされる。

同じ参照符号を有する要素は類似の要素を示している、添付した図面を参照する。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 2 】

以下、添付の図面に言及して本発明の実施形態を詳細に記載する。異なる図面における同一の参照符号は、同一又は類似の要素を示す。また、以下の詳細な記載は本発明を制限するものではない。代わりに、本発明の範囲は添付の請求項および均等物によって定義される。

【 0 0 1 3 】

本発明による実施形態は異なるフィン・アスペクト比を有する異なる F i n F E T を提供する。これらの異なるフィン・アスペクト比は F i n F E T デバイスの全体的なキャリア移動度を調整するのに使用することができる。

【 0 0 1 4 】

図 1 は、本発明の実施形態に従って形成された半導体デバイス 1 0 0 の断面図である。

図 1 等においては 1 つのデバイス 1 0 0 を示すが、半導体分野における当業者は、ここに記載されるプロセスを使用して、半導体デバイス 1 0 0 と同時に同じウェーハ（またはウェーハの一部、チップ等）上に他のデバイス（例えば、図 7 の半導体デバイス 7 1 0、7 2 0 等）を形成してもよいことを理解するであろう。

図 1 を参照して、半導体デバイス 1 0 0 は、シリコン基板 1 1 0、埋込酸化膜 1 2 0、および埋込酸化膜 1 2 0 上のシリコン層 1 3 0 を含んだ S O I (silicon on insulator) 構造を含んでいてもよい。埋込酸化膜 1 2 0 およびシリコン層 1 3 0 を、従来の方法により基板 1 1 0 上に形成してもよい。

【 0 0 1 5 】

例示的な実施形態においては、埋込酸化膜 1 2 0 は酸化シリコンを含んでおり、約 1 0 0 から約 3 0 0 0 の範囲の厚みを有し得る。

シリコン層 1 3 0 は、約 3 0 0 から約 1 5 0 0 の範囲の厚みを有する多結晶シリコン、または単結晶シリコンを含んでいてもよい。

以下に詳述するように、シリコン層 1 3 0 は、ダブルゲート・トランジスタデバイスのフィン構造を形成するのに使用される。

【 0 0 1 6 】

本発明の他の実施形態では、基板 1 1 0 および層 1 3 0 は、ゲルマニウムのような他の半導体材料、またはシリコンゲルマニウムのような半導体材料の組合せを含んでいてもよい。埋込酸化膜 1 2 0 もまた、他の絶縁材料を含んでいてもよい。

【 0 0 1 7 】

後のエッチングプロセスの間に保護キャップとしての役割を果たすシリコン窒化物層または酸化シリコン層（例えば SiO_2 ）のようなトップ絶縁層 1 4 0 を、シリコン層 1 3 0 上に形成することができる。

例示的な実施形態においては、絶縁層 1 4 0 は約 1 5 0 から約 7 0 0 の範囲の厚みでたい積することができる。次に、後の処理のためのフォトレジストマスク 1 5 0 を形成すべく、フォトレジスト材料をたい積してパターン化してもよい。このフォトレジスト材料は、任意の従来方法によりたい積すると共にパターン化することができる。

【 0 0 1 8 】

その後、半導体デバイス 1 0 0 をエッチングすることができる。例示的な実施形態の 1 つにおいては、従来の方法で絶縁層 1 4 0 およびシリコン層 1 3 0 をエッチングするとともにこのエッチングを埋込酸化膜 1 2 0 の上で停止させ、フィンを形成してもよい。その後、フォトレジストマスク 1 5 0 を除去してもよい。

このフィンを形成した後、（例えば半導体材料のたい積またはエピタキシャル成長によって）フィンの各端部に隣接するソースおよびドレイン領域を形成することができる。

例えば、例示的な実施形態の一例では、ソースおよびドレイン領域を形成すべく、シリコン、ゲルマニウム、またはシリコンとゲルマニウムを組合せた層を従来の方法でたい積し、パターン化し、エッチングしてもよい。

あるいは、フィンを形成するのと同じフォトリソグラフィプロセスでこのソースおよびドレイン領域を形成してもよい。

10

20

30

40

50

【0019】

図2Aは、このような方法で形成された半導体100上のフィン構造の概略的な上面図である。

本発明の例示的な実施形態によれば、ソース領域220およびドレイン領域230は、埋込酸化膜120上のフィン構造210の端部に隣接するように形成することができる。

【0020】

図2Bは、本発明の例示的な実施形態によるフィン構造210の構成を示す図2AのA-A'線に沿った断面図である。上述したように、構造210を形成すべく、絶縁層140およびシリコン層130をエッチングすることができる。この構造210は、シリコン130および絶縁性のキャップ140を含んでいてもよい。例示的な実施形態においては、シリコンフィン130の幅は約10 から約100 の範囲とすることができる。

【0021】

ソース/ドレイン領域220、230は、この時点でまたは後のプロセス段階で（例えばゲートの形成後）ドーピングすることができる。例えば、n型またはp型不純物をソース/ドレイン領域220、230に注入してもよい。特定の端末装置の必要条件に基づき、特定の注入量およびエネルギーを選択してもよい。当業者は、回路必要条件に基づいてソース/ドレイン注入プロセスを最適化することができるであろう。また、このようなステップは本発明の要旨を過度に不明瞭にしないようにすべく、ここに開示しない。

その後、ソース/ドレイン領域220、230を活性化すべく、活性アニーリングを実行することができる。

【0022】

異なる構成の様々なFinFETデバイスを、図2Aおよび図2Bに示したデバイス100から形成することができる。このような異なるFinFETデバイスには、(1)ダブルゲートFinFET、(2) ゲートFinFET、(3)uゲートFinFET、および(または)(4)ラウンドゲートFinFETが含まれる。FinFETのこれら4つの例示的なタイプのデバイスを、以下、本発明の趣旨に沿って記載する。

【0023】

<ダブルゲートFinFET>

図3Aは、例示的な実施形態による図2Aおよび図2Bの構造210からのダブルゲートFinFET300の形成を示す断面図である。

図3Aに示すように、フィン130の露出した側面上に比較的薄いゲート酸化膜310を形成することができる。例えば、ゲート酸化膜310をフィン130上に熱成長させてもよい。ゲート酸化膜310を、フィン130の側面上に約50 から約150 の厚さに成長させてもよい。

【0024】

ゲート酸化膜310を形成した後、ゲート材料層320をフィン構造210上にたい積することができる。

例示的な実施形態の一例においては、ゲート材料層320は、従来の化学蒸着法(CVD)またはその他周知の技術を使用してたい積されたポリシリコンを含んでいてもよい。あるいは、ゲルマニウムまたはシリコンおよびゲルマニウムの組み合わせのような他の半導体材料、または様々な金属を、層320のゲート材料として使用してもよい。

【0025】

図3Bの上面図に記載するように、ゲート材料層320にゲートをパターン化するとともにエッチングして、フィン210のチャネル領域を横切って広がるゲート構造330を形成してもよい。

生成されたデバイス300を、広く「ダブルゲートFinFET」と呼ぶことができる。

【0026】

ゲート構造330はリソグラフィ（例えばフォトリソグラフィ）によってゲート材料層320に形成することができる。

10

20

30

40

50

図 3 A および図 3 B には示していないが、ゲート材料層 3 2 0 のエッチングを容易にすべく、ゲート材料層 3 2 0 をプレーナ化してもよいし、底反射防止膜 (B A R C) および場合によってはトップ反射防止 (T A R) 膜 (図示しない) をプレーナ化したゲート材料層 3 2 0 にたい積してもよい。

半導体分野における当業者に理解されるであろうように、プレーナ化したゲート材料層 3 2 0 および B A R C 層は、上に重なるフォトリソ層をより正確にパターン化することを容易にすることができる。

その結果、約 2 0 n m から約 5 0 n m 程の小さい寸法を有するゲート構造 3 3 0 のクリティカルディメンション (C D) (すなわち、ゲート寸法のような最小フィーチャサイズ) を形成することができる。

10

【 0 0 2 7 】

ゲート構造 3 3 0 は、フィン 2 1 0 の側面に隣接するゲート部分と、フィン 2 1 0 から離れるように配置されたより大きな電極部分を含んでもよい。

ゲート構造 3 3 0 の電極部分は、ゲート部分をバイアスする、またはゲート部分を制御する、アクセス可能な電気コンタクトを提供してもよい。

【 0 0 2 8 】

再度図 3 A を参照すると (図 3 B の A - A ' 線の断面) 、ダブルゲート F i n F E T 3 0 0 のフィン 1 3 0 のチャンネルは、ゲート酸化膜 3 1 0 に隣接するフィン 1 3 0 の 2 つの側壁に沿って存在することができる。

フィン 1 3 0 の上面にある比較的厚い絶縁キャップ 1 4 0 により、フィン 1 3 0 の上面にチャンネルが形成されないようになっている。

20

フィン 1 3 0 の 2 つの側壁に沿ったゲート材料 3 2 0 が、フィン 1 3 0 の側壁に沿った 2 つのチャンネルを制御する 2 つのゲート (すなわち " ダブルゲート ") を構成するので、フィン 1 3 0 の側壁に沿った 2 つのチャンネルは、ダブルゲート F i n F E T 3 0 0 の「ダブルゲート」という呼び方がされる。

【 0 0 2 9 】

このフィン 1 3 0 の 2 つの側壁は共通の結晶配向 (例えば、配向 < 1 1 0 >) を有し得る。

フィン 1 3 0 の側壁の結晶配向が共通かつ垂直であるので、ダブルゲート F i n F E T 3 0 0 のフィン 1 3 0 の幅を変更しても、フィン 1 3 0 の多数キャリアのモビリティ (すなわち N 型デバイスにおける電子、P 型デバイスにおけるホール) に影響を与えない。

30

多数キャリアのモビリティは、ダブルゲート F i n F E T 3 0 0 のフィン 1 3 0 の 2 つの側壁の共通の結晶配向 (例えば、配向 < 1 1 0 >) によってもっぱら決定される。

【 0 0 3 0 】

< ゲート F I N F E T >

図 4 A は、本発明の実施形態による図 2 A および図 2 B の構造 2 1 0 からの ゲート (バイゲート) F i n F E T 4 0 0 の形成を示す断面図である。

まず、 (例えば選択エッチングによって) フィン 1 3 0 上の絶縁キャップ 1 4 0 を除去し、埋込酸化膜 1 2 0 上に被覆されていないフィン 1 3 0 を残す。

図 4 A に示すように、フィン 1 3 0 の露出した上面および側面に比較的薄いゲート酸化膜 4 1 0 を形成することができる。例えば、ゲート酸化膜 4 1 0 をフィン 1 3 0 上に熱成長させてもよい。ゲート酸化膜 4 1 0 を、フィン 1 3 0 の上面および側面上に約 5 0 から約 1 5 0 の厚さに成長させてもよい。

40

【 0 0 3 1 】

ゲート酸化膜 4 1 0 を形成した後、ゲート材料層 4 2 0 をフィン構造 2 1 0 上にたい積することができる。

例示的な実施形態の一例においては、ゲート材料層 4 2 0 は、従来の化学蒸着法 (C V D) またはその他周知の技術を使用してたい積されたポリシリコンを含んでもよい。あるいは、ゲルマニウムまたはシリコンおよびゲルマニウムの組み合わせのような他の半導体材料、または様々な金属を、層 4 2 0 のゲート材料として使用してもよい。

50

図 3 A では示されていないが、上述したように、後のゲート形成を容易にすべく、図 4 A に示すようにゲート材料層 4 2 0 をプレーナ化してもよい。

【 0 0 3 2 】

図 4 B の上面図に記載するように、ゲート材料層 4 2 0 にゲートをパターン化するとともにエッチングして、フィン 2 1 0 のチャンネル領域を横切って広がるゲート構造 4 3 0 を形成してもよい。

生成されたデバイス 4 0 0 を、広く「ゲート F i n F E T」と呼ぶことができる。

【 0 0 3 3 】

ゲート構造 4 3 0 はリソグラフィ（例えばフォトリソグラフィ）によってゲート材料層 4 2 0 に形成することができる。

10

図 4 A および図 4 B には示していないが、ゲート材料層 4 2 0 のエッチングを容易にすべく、底反射防止膜（B A R C）および場合によってはトップ反射防止（T A R）膜（図示しない）をプレーナ化したゲート材料層 4 2 0 にたい積してもよい。

上述したように、プレーナ化したゲート材料層 4 2 0 および B A R C 層は、下位ゲート C D を形成し易くする。

【 0 0 3 4 】

ゲート構造 4 3 0 は、フィン 2 1 0 の側面に隣接するゲート部分と、フィン 2 1 0 から離れるように配置されたより大きな電極部分を含んでいてもよい。

ゲート構造 4 3 0 の電極部分は、ゲート部分をバイアスする、またはゲート部分を制御する、アクセス可能な電気コンタクトを提供してもよい。

20

【 0 0 3 5 】

再度図 4 A を参照すると（図 4 B の A - A' 線の断面）、ゲート F i n F E T 4 0 0 のフィン 1 3 0 におけるチャンネルは、ゲート酸化膜 4 1 0 に隣接するフィン 1 3 0 の 2 つの側壁に沿って存在することができる。

フィン 1 3 0 の 2 つの側壁と上面に沿ったゲート材料 4 2 0 が、フィン 1 3 0 の側壁および上面に沿った 3 つのチャンネルを制御する 3 つのゲート（すなわち、型に）を構成するので、フィン 1 3 0 の 2 つの側壁と上面に沿った 3 つのチャンネルは、ゲート F i n F E T 4 0 0 の「ゲート」という呼び方がされる。

【 0 0 3 6 】

ゲート F i n F E T 4 0 0 のフィン 1 3 0 の 2 つの側壁は共通の結晶配向（例えば、配向 $\langle 110 \rangle$ ）を有しており、フィン 1 3 0 の上面は異なる結晶配向（例えば、配向 $\langle 100 \rangle$ ）を有し得る。

30

フィン 1 3 0 のチャンネルの結晶配向が異なるので、ダブルゲート F i n F E T 3 0 0 と異なり、ゲート F i n F E T 4 0 0 のフィン 1 3 0 の幅および（または）高さを変更すると、フィン 1 3 0 の多数キャリアのモビリティに影響を与える。

この点に関して、フィン 1 3 0 についての「フィン・アスペクト比」を H/W （ H がフィン 1 3 0 の高さで、 W がフィン 1 3 0 の幅）として形成することが有用である。図 4 A には、ゲート F i n F E T 4 0 0 のフィン 1 3 0 の高さ H と幅 W を示される。

【 0 0 3 7 】

多数キャリアについてのキャリアの移動度は、他の結晶の配向（例えば、配向 $\langle 110 \rangle$ ）よりも、ある結晶の配向（例えば、配向 $\langle 100 \rangle$ ）の方が高くなり得る。

40

2 つの異なる結晶方向に沿ったチャンネルを有するフィン 1 3 0 については、全体的なキャリア移動度は、フィン 1 3 0 の側面および上面のキャリア移動度の「平均」であり得る。

ここで使用される「平均」という用語は、フィン 1 3 0 の側面および上面のキャリア移動度を重み付けして組み合わせることをも意味するように緩やかに解釈されるべきであって、厳密な数学的な平均ではないことを注目すべきである。

このフィン 1 3 0 の全体的なモビリティは、フィン 1 3 0 の側面のチャンネルとフィン 1 3 0 の上面のチャンネルの端部とが近いとなった様々な物理的原因により正確な数学的定義ができない可能性がある。

50

【 0 0 3 8 】

しかしながら、フィン・アスペクト比 H/W （すなわち）、フィン 130 の幅 W に対する高さ H の比率）を変えることによって、フィン 130 の全体的なキャリア移動度を調整することができる。

このフィン 130 の全体的なキャリア移動度は、その結晶配向によりフィン 130 の上面と側面のどちらがより高いキャリア移動度を有するかにより、フィン・アスペクト比 H/W が増加するにつれて増加または低減する。

しかしながら、ここでの開示に基づき、ゲート FinFET 400 のフィン 130 の所望する全体的なキャリア移動度を達成するための、フィン 130 のフィン・アスペクト比 H/W に対する適切な調整（すなわち、どちらの方向をどれだけ高くするか、または低くするか）を、当業者であれば特段の実験をすることなくできるであろう。 10

例えば、フィン 130 のフィン・アスペクト比 H/W に対する適切な調節は、使用される特定の製造プロセス／材料に基づくものであってもよいし、様々なテストデバイスの構築および（または）デバイス・モデリングにより、不要な実験をしないで決定してもよい。

【 0 0 3 9 】

< U ゲート F I N F E T >

図 5 A は、本発明の実施形態による図 2 A および図 2 B の構造 210 からの u ゲート FinFET 500 の形成を示す断面図である。

図 5 A に示すように、埋込酸化膜 120 の部分を除去するのに従来のエッチングケミストリを使用することができる。このエッチングの間、フィン 130 の下の埋込酸化膜 120 の部分を除去することができる。フィン 130 より下の側面のアンダーカットは、フィン 130 より下の埋込酸化膜 120 をさらにエッチングする後のプロセスを促進するのに使用することができる。 20

【 0 0 4 0 】

その後、フィン 130 より下の埋込酸化膜 120 の一部を貫通する横方向のエッチングを実行すべく、第 2 のエッチングを実行してもよい。

図 3 B に示すように、フィン 130 より下に位置する埋込酸化膜 120 を貫通する横方向のエッチングを実行すべく、典型的な実施形態の 1 つにおいては、例えば高圧力の HBr を使用する等方性エッチングを実行してもよい。 30

フィン 130 は、図 5 B に示す断面の埋込酸化膜 120 の上に、実質的にサスペンド（浮遊）されている。

しかしながら、フィン 130 の端部はまだ埋込酸化膜 120 に付着しており、図 5 B に示すフィン 210 のサスペンドされた部分は、ソース／ドレイン領域 220、230 のそれぞれと隣接するフィン 210 の端部において埋込酸化膜 120 に支持される。

【 0 0 4 1 】

その後、ゲート絶縁層をたい積することができる。例えば、図 5 C に示すように、ゲート絶縁層として働く薄い酸化膜 510 をフィン 130 の露出した側面および底面に熱成長させてもよい。酸化膜 510 は、約 10 から約 30 の厚さに成長させてもよい。一方、フィン 130 の上面は、絶縁キャップ 140 により保護される。 40

【 0 0 4 2 】

その後、図 5 C に示すように、フィン構造 210 の周りにゲート材料層 520 をたい積することができる。

ゲート材料層 520 は、後に形成されるゲート電極のゲート材料を含んでいるとともに、従来の化学蒸着法（CVD）を使用して、約 500 から約 1000 の範囲の厚みにたい積されたポリシリコンを含んでいてもよい。あるいは、ゲルマニウムまたはシリコンおよびゲルマニウムの組み合わせのような他の半導体材料、または様々な金属を、層 320 のゲート材料として使用してもよい。

【 0 0 4 3 】

その後、ゲート材料層 520 をプレーナ化することができる。例えば、図 5 C に示すよ 50

うに、ゲート材料の鉛直方向における高さが絶縁キャップ140と等しいまたはほとんど等しくなるように、化学的機械的研磨(CMP)を実行してもよい。

図5Cに示すように、フィン130のチャンネル領域のゲート材料層520の断面はU字型である。またゲート材料は、フィン130の2つの側面および下面において、フィン130を取り囲む。

一方、フィン130の上面は、絶縁キャップ140によって被覆される。

【0044】

その後、uゲートFinFET500のゲート電極530、540を形成すべく、ゲート材料層520をパターン化し、エッチングしてもよい。

例えば、図5Dは、ゲート電極530、540を形成した後の、本発明のuゲートFinFET500の上面図を示す。 10

図示のように、uゲートFinFET500は、フィン130の側面および底面を囲むゲート材料520(図5C)、およびゲート電極530、540を有する構造を含んでいる。簡略化のため、フィン210の側面および下面を取り囲むゲート絶縁膜410は、図7に図示していない。

【0045】

再度図5Cを参照すると(図5DのA-A'線の断面)、uゲートFinFET500のフィン130におけるチャンネルは、ゲート酸化膜510に隣接するフィン130の2つの側壁および底面に沿って存在することができる。

フィン130の2つの側壁と底面に隣接するゲート材料520が、フィン130の側壁および底面に沿った3つのチャンネルを制御する3つのゲート(すなわち、U型に)を構成するので、フィン130の2つの側壁と底面に沿った3つのチャンネルは、uゲートFinFET500の「uゲート」という呼び方がされる。 20

【0046】

uゲートFinFET500のフィン130の2つの側壁は共通の結晶配向(例えば、配向<110>)を有しており、フィン130の底面は異なる結晶配向(例えば、配向<100>)を有し得る。

フィン130のチャンネルの結晶配向が異なるので、ゲートFinFET400と同様に、uゲートFinFET500のフィン130のアスペクト比H/Wを変更すると、フィン130の多数キャリアのモビリティに影響を与える。 30

實際上、アスペクト比H/Wに基づくuゲートFinFET500のフィン130の全体的なモビリティは、(必ずしも一致しないが)上述したゲートFinFET400のフィン130の全体的なモビリティとの関連性が高い。

この類似性は、第3チャンネルがフィン130の上面または底面に位置するかの違いを有する、型ゲートとu型ゲートの間の構造の類似によるものである。

【0047】

ゲートFinFET400と同様に、uゲートFinFET500のフィン130の全体的なモビリティは、フィン・アスペクト比H/Wを変化することにより調整することができる。

このフィン130の全体的なキャリア移動度は、その結晶配向によりフィン130の底面と側面のどちらがより高いキャリア移動度を有するかにより、フィン・アスペクト比H/Wが増加するにつれて増加または低減する。 40

しかしながら、ここでの開示に基づき、uゲートFinFET500のフィン130の所望する全体的なキャリア移動度を達成するための、フィン130のフィン・アスペクト比H/Wに対する適切な調整を、当業者であれば特段の実験をすることなくできるであろう。

【0048】

<ラウンドゲートFINFET>

図6Aは、本発明の実施形態による図2Aおよび図2Bの構造210からのラウンドゲートFinFET600の形成を示す断面図である。 50

図 5 A について上述したように、埋込酸化膜 120 の部分を除去するのに従来のエッチングケミストリを使用することができる。

その後、フィン 130 より下の埋込酸化膜 120 の一部を横にエッチングすべく、第 2 のエッチングを実行してもよい。

図 5 B に示すように、フィン 130 より下に位置する埋込酸化膜 120 を貫通する横方向のエッチングを実行すべく、典型的な実施形態の 1 つにおいては、例えば高圧力の HBr を使用する等方性エッチングを実行してもよい。

フィン 130 は、図 5 B に示す断面の埋込酸化膜 120 の上に、実質的にサスペンド（浮遊）されている。

【0049】

図 5 B と異なり、ラウンドゲート FinFET 600 を形成する際、（例えば選択エッチングによって）フィン 130 上の絶縁キャップ 140 を除去し、埋込酸化膜 120 上に被覆されていないフィン 130 を残す。

次に、フィン 130 上にゲート絶縁層を形成することができる。例えば、図 6 に示すように、ゲート絶縁層として働く薄いゲート酸化膜 610 を、フィン 130 の露出した全面に熱成長させてもよい。ゲート酸化膜 610 を、約 10 から約 30 の厚さに成長させてもよい。一方、フィン 130 の上面は、絶縁キャップ 140 により保護される。

【0050】

その後、図 6 A に示すように、フィン構造 210 の周りにゲート材料層 620 をたい積することができる。

ゲート材料層 620 は、後に形成されるゲート電極のゲート材料を含んでいるとともに、従来の化学蒸着法（CVD）を使用して、約 500 から約 1000 の範囲の厚みにたい積されたポリシリコンを含んでいてもよい。あるいは、ゲルマニウムまたはシリコンおよびゲルマニウムの組み合わせのような他の半導体材料、または様々な金属をゲート材料として使用してもよい。

【0051】

その後、ラウンドゲート FinFET 600 のゲート電極 630 を形成すべく、ゲート材料層 620 をパターン化し、エッチングしてもよい。

例えば、図 6 B は、ゲート電極 630 を形成した後の、本発明のラウンドゲート FinFET 600 の上面図を示す。

図示のように、ラウンドゲート FinFET 600 は、フィン 130 の 4 つの全ての側面を囲むゲート材料 620（図 6 A）、およびゲート電極 630 を有する構造を含んでいる。

【0052】

再度図 6 A を参照すると（図 6 B の A - A' 線の断面）、ラウンドゲート FinFET 600 のフィン 130 におけるチャンネルは、ゲート酸化膜 610 に隣接するフィン 130 の 2 つの側壁、上面、および底面に沿って存在することができる。

フィン 130 の 2 つの側壁、上面、および底面に隣接するゲート材料 620 が、フィン 130 の側壁および底面に沿った 4 つのチャンネルを制御するフィン 130 を " 取り囲む（around）" 4 つのゲートを構成するので、フィン 130 の 2 つの側壁、上面、および底面に沿った 4 つのチャンネルは、ラウンドゲート FinFET 600 の「ラウンドゲート」という呼び方がされる。

【0053】

ラウンドゲート FinFET 600 のフィン 130 の 2 つの側壁は共通の結晶配向（例えば、配向 $\langle 110 \rangle$ ）を有しており、フィン 130 の上面および底面は異なる共通の結晶配向（例えば、配向 $\langle 100 \rangle$ ）を有し得る。

フィン 130 のチャンネルの結晶配向が異なるので、ゲート FinFET 400 および u ゲート FinFET 500 と同様に、ラウンドゲート FinFET 600 のフィン 130 のアスペクト比 H/W を変更すると、フィン 130 の多数キャリアのモビリティに影響を与える。

10

20

30

40

50

實際上、アスペクト比 H/W に基づくラウンドゲート FinFET 600 のフィン 130 の全体的なモビリティは、少なくとも、ラウンドゲートの FinFET 600 のフィン 130 が ゲート FinFET 400 および μ ゲート FinFET 500 より 1 つ多い水平方向のチャネルを有するので、ゲート FinFET 400 および μ ゲート FinFET 500 と多少異なる振る舞いをする可能性がある。

【0054】

ゲート FinFET 400 と同様に、ラウンドゲート FinFET 600 のフィン 130 の全体的なモビリティは、フィン・アスペクト比 H/W を変化することにより調整することができる。

このフィン 130 の全体的なキャリア移動度は、その結晶配向によりフィン 130 の上面 / 底面と側面のどちらがより高いキャリア移動度を有するかにより、フィン・アスペクト比 H/W が増加するにつれて増加または低減する。

しかしながら、ここでの開示に基づき、ラウンドゲート FinFET 600 のフィン 130 の所望する全体的なキャリア移動度を達成するための、フィン 130 のフィン・アスペクト比 H/W に対する適切な調整を、当業者であれば特段の実験をすることなくできるであろう。

【0055】

< 異なるキャリア移動度を有する例示的な実施形態 >

図 7 は、本発明の例示的な実施例による FinFET デバイス 710、720 および 730 を含むウェーハの概略的な上面図である。

埋込酸化膜 120 はウェーハ（またはチップ）を示す。このウェーハの上には図示の 3 つのデバイス 710、720 および 730 が形成される。

デバイス 710、720 および 730 のうち少なくとも 2 つのデバイスの全体的なキャリア移動度が異なり得る。

デバイス 710、720 および 730 はすべて ゲート FinFET 400 、 μ ゲート FinFET 500 、およびラウンドゲート FinFET 600 のいずれかのタイプのデバイスとすることができる。

あるいは、デバイス 710、720 および 730 は、ダブルゲート FinFET 300 、ゲート FinFET 400 、 μ ゲート FinFET 500 およびラウンドゲート FinFET 600 のうち、複数の異なるタイプのデバイスを含み得る。

例えば、ダブルゲート FinFET 300 と、ゲート FinFET 400 、 μ ゲート FinFET 500 およびラウンドゲート FinFET 600 の 1 つは同じフィンアスペクト比 H/W を有し得るが、それに関わらず、 $\text{FinFET 400} / 500 / 600$ のさらなる垂直方向のチャネルにより、これらの全体的なキャリア移動度はどれも異なる。

【0056】

さらに、デバイス 710、720 および 730 のすべてを N 型 MOS (NMOS) デバイス、 P 型 MOS (PMOS) デバイス、または NMOS デバイスと PMOS デバイスの組み合わせ（例えば CMOS (complementary MOS)）としてもよい。デバイス 710、720 および 730 は他のデバイスと接続または相互接続され得るが、本発明を明確にするため、これらの接続については図 7 に示していない。

【0057】

ここでの開示を考慮して、様々な設計上の理由により、異なるデバイス（例えばデバイス 710 および 720）を、（異なるフィン・アスペクト比 H/W により）全体的なキャリア移動度が異なるように形成することができることを当業者は理解するであろう。

例えば、全体的なキャリア移動度は、デバイス 710 / 720 のタイプに基づき異なり得る。

本発明の実施形態の一例においては、 NMOS デバイスを、選択されたフィン・アスペクト比による全体的なキャリア移動度を有するようにし、同じウェーハ / チップ上の PMOS デバイスは、これとは異なるように選択されたフィン・アスペクト比による全体的なキャリア移動度を備えるものとする。これにより、 NMOS デバイスのキャリア移動度が

10

20

30

40

50

P M O S デバイスのキャリア移動度よりも大きさにおいて（すなわち、絶対値）より大きくなるように形成することができる。

あるいは、P M O S デバイスを、同じウェーハ／チップ上のN M O S デバイスの全体的なキャリア移動度より絶対値においてより大きい全体的なキャリア移動度で形成してもよい。

あるいは、デバイスの全体的なキャリア移動度がほぼ等しくなるように、N M O S デバイス（例えばデバイス 7 1 0）およびP M O S デバイス（例えばデバイス 7 2 0）のフィン・アスペクト比を選択してもよい。

【 0 0 5 8 】

また、与えられた回路素子（例えばインバータ、N A N D ゲート、メモリエlement、N O R ゲートなど）内のフィン・アスペクト比 H / W を変化することは有利である。 10

例えば単一の回路素子内において、1つのF i n F E T デバイス 7 1 0 は第1フィン・アスペクト比 H / W_1 を持ち得る。

回路素子内の他のF i n F E T デバイス 7 2 0 は、デバイス 7 1 0 / 7 2 0 間の駆動電流のバランスをとるために、第2フィン・アスペクト比 H / W_2 を持ち得る。

本発明のある実施形態においては、（例えば図7のデバイス 7 1 0 のソース／ドレイン領域をデバイス 7 2 0 のドレイン／ソースに接続することによって）回路素子のデバイス 7 1 0 および 7 2 0 の異なるアスペクトのフィンを、電氣的に接続してもよい。

【 0 0 5 9 】

これに変えて、またはさらに、フィン・アスペクト比 H / W を回路素子間において変化させてもよい。 20

例えば、1つの回路素子は1つ以上のF i n F E T デバイスを含んでいてもよい。また、F i n F E T デバイス 7 1 0 は第1フィン・アスペクト比 H / W_1 を有し、このアスペクト比により定まる第1の全体的なキャリア移動度を有する。

分離した回路素子は、第2フィン・アスペクト比 H / W_2 を有し、このアスペクト比により定まる第2の全体的なキャリア移動度を有する1つ以上のF i n F E T デバイス 7 2 0 を含み得る。

【 0 0 6 0 】

さらに、ここに示した本発明のデバイス 7 1 0 ないし 7 3 0 のフィン・アスペクト比を変えることによって、様々な設計上の制約に応えることができる。 30

例えば、デバイス 7 1 0 および 7 2 0 は、それぞれC M O S デバイスのN M O S とP M O S の構成部分であり得る。

さらに、P M O S チャネル幅がN M O S チャネル幅に対して2 : 1 の比率を有するような（単なる例示である）、既存のデザイン・ルールが存在していることがあるので、この方法により配置される、典型的な、プレーナM O S F E T デバイスの駆動電流は、既存の関係を有している。

デバイス 7 1 0 および 7 2 0 の駆動電流の既存の関係を維持している一方で、デバイス 7 1 0 および 7 2 0 のフィン・アスペクト比を調整することにより、チャネル幅の比率を（例えば3 : 2 に）異なるようにすることができる。 40

すなわち、デバイス 7 1 0 および 7 2 0 のそれぞれの幅 W_1 、 W_2 が3 : 2 の比率を持つようにすることができ、デバイス 7 1 0 および 7 2 0 のそれぞれの高さ H_1 および H_2 を調整し、それぞれのフィン・アスペクト比 H_1 / W_1 および H_2 / W_2 が既存の駆動電流関係を得られるようにしてもよい。

【 0 0 6 1 】

あるいは、デバイス 7 1 0 および 7 2 0 の駆動電流の新しい関係を生成する一方で、デバイス 7 1 0 および 7 2 0 のフィン・アスペクト比を調整することにより、同じチャネル幅の比率（例えば2 : 1）となるようにすることができる。

すなわち、デバイス 7 1 0 および 7 2 0 のそれぞれの幅 W_1 、 W_2 が2 : 1 の比率を有するようにすることができ、デバイス 7 1 0 および 7 2 0 のそれぞれの高さ H_1 および H_2 を調整し、それぞれのフィン・アスペクト比 H_1 / W_1 および H_2 / W_2 が新しい駆動 50

電流関係（例えばデバイス 710 / 720 間の駆動電流が等しい関係）を生成するようにしてもよい。

【0062】

当業者は、パターン化に使用するマスク（例えば図 2 B のフィン 130 を形成するのに使用される図 1 のフォトリソマスク 150）を調整することにより、異なるデバイス 710 / 720 のフィン幅（例えば、幅 W_1 および W_2 ）が選択されることを認識するであろう。

同様に、フィン 130 の選択的なマスクングおよび露出している他のフィン 130 をエッチングしてこれらの高さを低くすることにより、異なるデバイス 710 / 720 のフィンの高さ（例えば、高さ H_1 および H_2 ）が選択され得る。

10

【0063】

このように、本発明によれば、異なるフィン・アスペクト比を有する、異なる FinFET デバイス 710 / 720 / 730 を形成することができる。これらの異なるデバイス 710 / 720 / 730 を同じウェーハまたはチップ上に形成することができるとともに、同一の全体的なキャリア移動度または異なるキャリア移動度を呈することができる。

生成した構造は、短チャネル耐性に優れているので有利である。さらに、本発明はフレキシビリティを増加すると共に、従来のプロセスに容易に統合することができる。

【0064】

< 他の実施形態 >

いくつかの実施形態においては、上述した他のものとは異なるラウンドゲート FinFET を形成することが望ましい。

20

図 8 A ないし図 8 C は、本発明の他の実施形態によるラウンドゲート FinFET 800 の形成を示す断面図である。

図 8 A は、（図 2 B と同じように）フィンを形成した後のプロセス段階を示す断面図である。第 1 絶縁層 830、第 2 絶縁層 820、および基板 810 上にシリコン・フィン 840 を形成することができる。図 8 A には示していないが、（図 2 A と同じように）フィン 840 の一方の端部はソース及びドレイン領域と接続されている。

【0065】

その後、図 8 B に示すように、選択エッチングを実行して、フィン 840 より下の第 1 絶縁層 830 の部分を除去してもよい。

30

フィン 840 は、第 2 絶縁層 820 上に、実質的にサスペンド（浮遊）されている。

しかしながら、フィン 840 の端部はまだ第 1 絶縁層 830 に付着しており、図 8 B に示すフィン 840 のサスペンドされた部分は、図示しないソース / ドレイン領域に隣接するフィン 840 の端部において第 1 絶縁層 830 に支持される。

【0066】

その後、フィン 840 上にゲート絶縁層をたい積することができる。例えば、図 8 C に示すように、ゲート絶縁層として働く薄い酸化膜 850 をフィン 840 の全ての露出面に熱成長させてもよい。酸化膜 850 は、約 10 から約 30 の厚さに成長させてもよい。

【0067】

40

その後、図 6 A に示すように、フィン構造 840 の周りにゲート材料層 860 をたい積することができる。

ゲート材料層 860 は、後に形成されるゲート電極のゲート材料を含んでいるとともに、従来の化学蒸着法（CVD）を使用して、約 500 から約 1000 の範囲の厚みにたい積されたポリシリコンを含んでいてもよい。あるいは、ゲルマニウムまたはシリコンおよびゲルマニウムの組み合わせのような他の半導体材料、または様々な金属を、層 320 のゲート材料として使用してもよい。

その後、ここに記載したように、ゲート材料層 860 をラウンドゲート FinFET 800 のゲートおよびゲート電極にパターン化することができる。

【0068】

50

前記記載においては、本発明について理解し易いように、特定の材料、構造、化学薬品、プロセス等のような多数の特定の詳細を記載している。

しかしながら、特にここに記載した詳細によることなく、本発明を実行することができる。その他、不必要に本発明の内容を不明瞭にしないように、周知のプロセス構造は詳細に記載していない。

【0069】

本発明による、半導体デバイスを製造するのに使用される絶縁層および導電層は、従来のたい積技術によってたい積してもよい。例えば、低圧CVD(LPCVD)およびエンハンスドCVD(ECVD)を含んだ様々な種類のCVDプロセスのようなメタライゼーション技術を使用することができる。

10

【0070】

本発明は、様々な種類の半導体デバイスの形成に適用可能である。したがって、不必要に本発明の内容を不明瞭にしないようにその詳細は記載しない。本発明を実行する際に、従来のたい積技術、フォトリソグラフィ技術、およびエッチング技術を使用してもよい。なお、このような技術の詳細についてはここでは詳述していない。

【0071】

さらに、FinFETデバイス400/500/600の側面は結晶配向<110>を有するとともに、上面/下面は結晶配向<100>を有するものとして記載したが、これらのデバイスを製造することで、側面は結晶配向<100>となり、上面/下面は他の結晶配向<110>または<111>となる場合もある。

20

【0072】

本発明の好ましい実施形態およびその多様性のうちのいくつかの例のみが、本発明において開示されると共に記載される。本発明は、様々な他の組み合わせおよび環境において使用できると共に、ここに記載されるような本発明の概念の範囲内の変形または修正することができるものとして理解される。

【0073】

明示がない場合には、本出願の詳細な説明の中で使用されるどの要素、指示またはステップも本発明に重要または本質的なものとして解釈すべきではない。

ここに使用される、「ある(a)」という言葉は、1つ以上のものを含むように意図される。1つのものを示すような場合には「1つの(one)」またはこれに類する言葉を使用している。本発明の範囲は、請求の範囲およびこれらの均等物によって定義される。

30

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】本発明の実施形態によるフィンの形成に使用される例示的な層を示す断面図。

【図2A】本発明の例示的な実施形態によるフィン構造の概略的な上面図。

【図2B】本発明の例示的な実施形態による図2Aのフィン構造の形成を示す断面図。

【図3A】本発明の例示的な実施形態による図2BのデバイスからのダブルゲートFinFETの形成を示す断面図。

【図3B】本発明の例示的な実施形態による図2BのデバイスからのダブルゲートFinFETの形成を示す上面図。

40

【図4A】本発明の例示的な実施形態による図2BのデバイスからのゲートFinFETの形成を示す断面図。

【図4B】本発明の例示的な実施形態による図2BのデバイスからのゲートFinFETの形成を示す上面図。

【図5A】本発明の例示的な実施形態による図2BのデバイスからのuゲートFinFETの形成を示す断面図。

【図5B】本発明の例示的な実施形態による図2BのデバイスからのuゲートFinFETの形成を示す断面図。

【図5C】本発明の例示的な実施形態による図2BのデバイスからのuゲートFinFETの形成を示す断面図。

50

【図 5 D】本発明の例示的な実施形態による図 2 B のデバイスからの u ゲート F i n F E T の形成を示す上面図。

【図 6 A】本発明の例示的な実施形態による図 2 B のデバイスからのラウンドゲート F i n F E T の形成を示す断面図。

【図 6 B】本発明の例示的な実施形態による図 2 B のデバイスからのラウンドゲート F i n F E T の形成を示す上面図。

【図 7】本発明の例示的な実施形態による図 3 A ないし図 6 B のデバイスのいずれかを含むウェーハの上面図。

【図 8 A】本発明の他の例示的な実施形態によるラウンドゲート F i n F E T の形成を示す断面図。

【図 8 B】本発明の他の例示的な実施形態によるラウンドゲート F i n F E T の形成を示す断面図。

【図 8 C】本発明の他の例示的な実施形態によるラウンドゲート F i n F E T の形成を示す断面図。

10

【図 1】

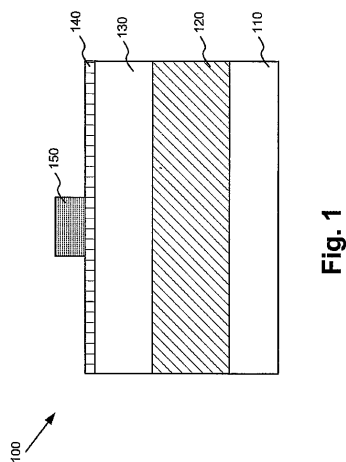


Fig. 1

【図 2 A】

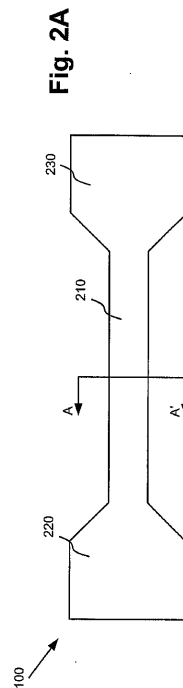


Fig. 2A

【図 2 B】

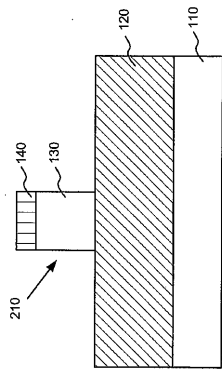


Fig. 2B

【図 3 A】

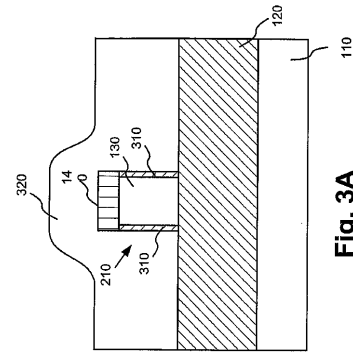


Fig. 3A

【図 3 B】

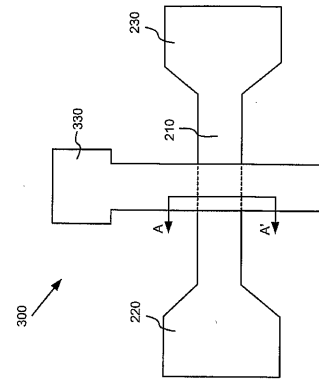


Fig. 3B

【図 4 A】

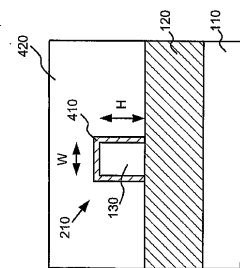


Fig. 4A

【図 4 B】

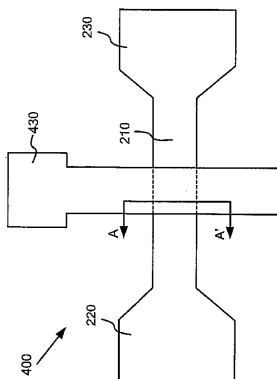


Fig. 4B

【図 5 A】

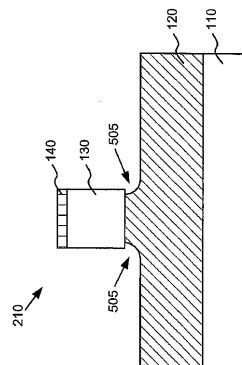


Fig. 5A

【図 5 B】

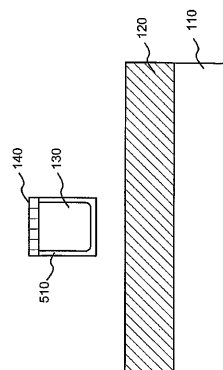


Fig. 5B

【図 5 C】

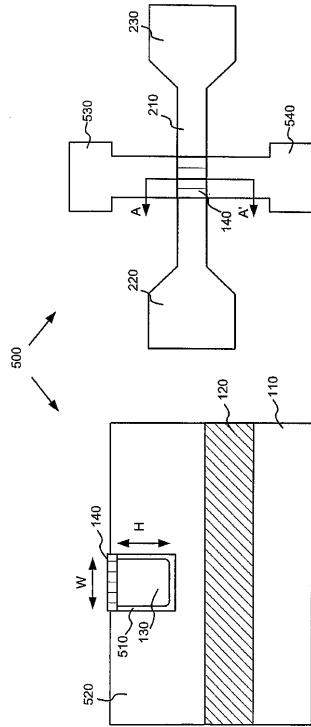


FIG. 5D

FIG. 5C

【図 5 D】

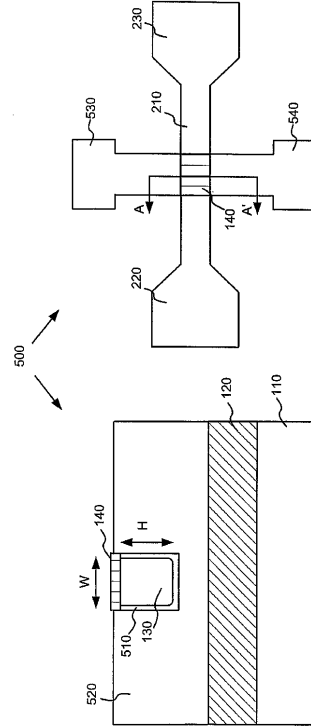


FIG. 5D

FIG. 5C

【図 6 A】

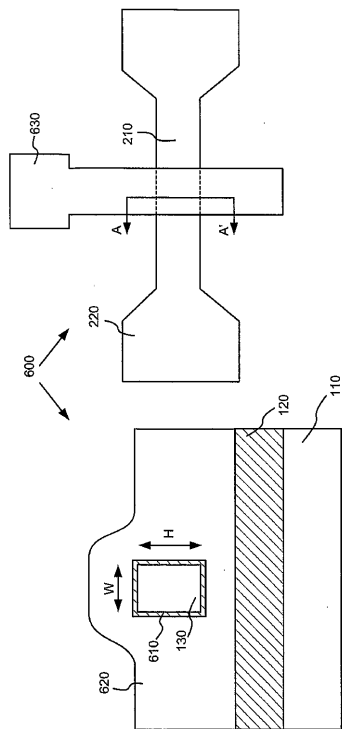


Fig. 6B

Fig. 6A

【図 6 B】

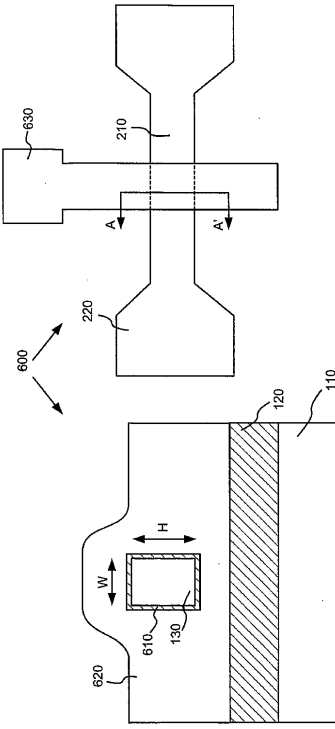


Fig. 6B

Fig. 6A

【 図 7 】

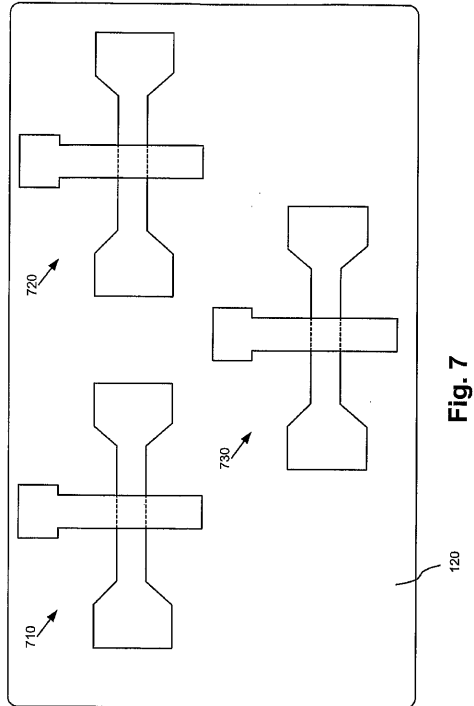


Fig. 7

【 図 8 A 】

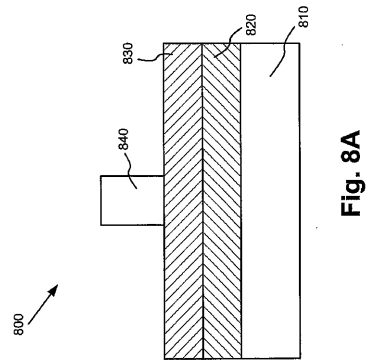


Fig. 8A

【 図 8 B 】

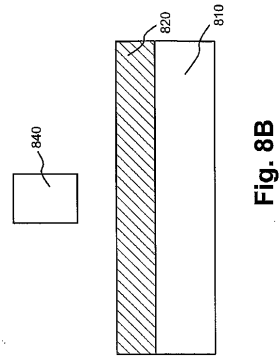


Fig. 8B

【 図 8 C 】

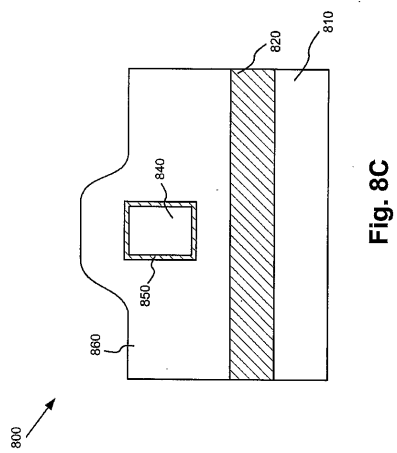


Fig. 8C

【手続補正書】

【提出日】平成17年7月1日(2005.7.1)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板(110)と、

前記基板(110)上に形成される絶縁層(120)と、

前記絶縁層(120)上に形成されるとともに、第1フィンアスペクト比を有する第1フィン(130)を含む、前記絶縁層(120)上に形成される第1デバイス(710)と、

前記絶縁層(120)上に形成されるとともに、前記第1フィンアスペクト比と異なる第2フィンアスペクト比を有する第2フィン(130)を含む、前記絶縁層(120)上に形成される第2デバイス(720)と、

を含む、半導体デバイス(100)。

【請求項2】

前記第1デバイス(710)はNMOSデバイスであり、前記第2デバイス(720)はPMOSデバイスである、請求項1記載の半導体デバイス(100)。

【請求項3】

前記第1デバイス(710)および前記第2デバイス(720)は、単一の回路素子に含まれる、請求項1記載の半導体デバイス(100)。

【請求項4】

前記第1デバイス(710)の前記第1フィン(130)の第1キャリア移動度は、前記第2デバイス(720)の前記第2フィン(130)の第2キャリア移動度と異なる、請求項1記載の半導体デバイス(100)。

【請求項5】

前記第1デバイス(710)は、

前記第1フィン(130)の少なくとも3つの面上に形成される第1ゲート絶縁層(410)(510)(610)と、

前記第1フィン(130)の少なくとも3つの面上に形成される第1ゲート材料層(420)(520)(620)と、

をさらに含んでおり、

前記第2デバイス(720)は、

前記第2フィン(130)の少なくとも3つの面上に形成される第2ゲート絶縁層(410)(510)(610)と、

前記第2フィン(130)の少なくとも3つの面上に形成される第1ゲート材料層(420)(520)(620)と、

をさらに含む、請求項1記載の半導体デバイス(100)。

【請求項6】

前記第1ゲート絶縁層(610)と前記第1ゲート材料層(620)は、前記第1フィン(130)の4つの面上に形成される、請求項5記載の半導体デバイス(100)。

【請求項7】

前記第2ゲート絶縁層(610)と前記第2ゲート材料層(620)は、前記第2フィン(130)の4つの面上に形成される、請求項6記載の半導体デバイス(100)。

【請求項8】

前記第1フィン(130)は、第1高さおよび第1幅を有しており、

前記第1デバイスは、前記第1フィン(130)の少なくとも3つの面上に形成される

第1絶縁層(410)(510)(610)と、前記第1絶縁層(410)(510)(610)に隣接する第1ゲート(430)(530)(630)と、をさらに含んでおり、

前記第2フィン(130)は、第2高さおよび第2幅を有しており、

前記第2デバイスは、前記第2フィン(130)の少なくとも3つの面上に形成される第2絶縁層(410)(510)(610)と、前記第2ゲート絶縁層(410)(510)(610)に隣接する第2ゲート(430)(530)(630)と、をさらに含んでおり、

前記第1高さと前記第1幅の第1比は、前記第2高さと前記第2幅の第2比と異なる、請求項1記載の半導体デバイス(100)。

【請求項9】

前記絶縁層(120)上に形成され、第3高さおよび第3幅を有する第3フィン(130)、前記第3フィン(130)の少なくとも3つの面上に形成される第3ゲート絶縁層(410)(510)(610)、および前記第3ゲート絶縁層(410)(510)(610)に隣接する第3ゲート(430)(530)(630)を含む、前記絶縁層(120)上に形成される第3デバイス(730)をさらに含んでおり、

前記第3高さと前記第3幅の第3比は、前記第1比および前記第2比と異なる、請求項8記載の半導体デバイス(100)。

【請求項10】

前記第1デバイス(710)は、前記絶縁層(120)上に形成され、第1高さおよび第1幅を有する第1フィン(130)を含む、N型デバイスであり、

前記第2デバイス(720)は、前記絶縁層(120)上に形成され、第2高さおよび第2幅を有する第2フィン(130)を含む、P型デバイスであり、

前記N型デバイス(710)のキャリア移動度が前記P型デバイス(720)のキャリア移動度とほぼ等しいように、前記第1高さおよび前記第2高さが形成される、

請求項1記載の半導体デバイス(100)。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/US2004/024590															
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01L29/786 H01L21/336 H01L27/12																	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																	
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01L																	
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched																	
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC																	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category *</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2002/011612 A1 (HIEDA KATSUHIKO) 31 January 2002 (2002-01-31) page 23, paragraph 418 - paragraph 420</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>F. Dauge, J. Pretet, A. Vandooren, L. Mathew, B.-Y. Nguyen, J. Jomaah, S. Cristoloveanu: "Channels Separation in FINFETs", ULIS'2003 Workshop, Udine, 20-21 March 2003 http://www.diegm.uniud.it/ulis2003/presentazioni/116_Dauge.pdf XP002321769 the whole document</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 5 391 506 A (TADA ET AL) 21 February 1995 (1995-02-21) the whole document</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">-/-</td> </tr> </tbody> </table>			Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2002/011612 A1 (HIEDA KATSUHIKO) 31 January 2002 (2002-01-31) page 23, paragraph 418 - paragraph 420	1-10	X	F. Dauge, J. Pretet, A. Vandooren, L. Mathew, B.-Y. Nguyen, J. Jomaah, S. Cristoloveanu: "Channels Separation in FINFETs", ULIS'2003 Workshop, Udine, 20-21 March 2003 http://www.diegm.uniud.it/ulis2003/presentazioni/116_Dauge.pdf XP002321769 the whole document	1-10	Y	US 5 391 506 A (TADA ET AL) 21 February 1995 (1995-02-21) the whole document	1-10	-/-		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
X	US 2002/011612 A1 (HIEDA KATSUHIKO) 31 January 2002 (2002-01-31) page 23, paragraph 418 - paragraph 420	1-10															
X	F. Dauge, J. Pretet, A. Vandooren, L. Mathew, B.-Y. Nguyen, J. Jomaah, S. Cristoloveanu: "Channels Separation in FINFETs", ULIS'2003 Workshop, Udine, 20-21 March 2003 http://www.diegm.uniud.it/ulis2003/presentazioni/116_Dauge.pdf XP002321769 the whole document	1-10															
Y	US 5 391 506 A (TADA ET AL) 21 February 1995 (1995-02-21) the whole document	1-10															
-/-																	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.																	
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family																	
Date of the actual completion of the international search 21 March 2005		Date of mailing of the international search report 05/04/2005															
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Hoffmann, N															

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US2004/024590

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	N.H.E. WESTE, K. ESHRAGHIAN: "Principles of CMOS VLSI Design" 1988, ADDISON-WESLEY, XP002321770 page 140 - page 141 -----	1-10
A	LEMME M ET AL: "Influence of channel width on n- and p-type nano-wire-MOSFETs on silicon on insulator substrate" MICROELECTRONIC ENGINEERING, ELSEVIER PUBLISHERS BV., AMSTERDAM, NL, vol. 67-68, June 2003 (2003-06), pages 810-817, XP004428954 ISSN: 0167-9317 the whole document -----	1-10
A	PARK J-T ET AL: "PI-GATE SOI MOSFET" IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 22, no. 8, August 2001 (2001-08), pages 405-406, XP001099966 ISSN: 0741-3106 the whole document -----	7,8
A	US 2003/102497 A1 (FRIED DAVID M ET AL) 5 June 2003 (2003-06-05) the whole document -----	1-10
P,X	US 2004/110331 A1 (YEO YEE-CHIA ET AL) 10 June 2004 (2004-06-10) the whole document -----	1-5,8-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US2004/024590

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002011612 A1	31-01-2002	JP 2002118255 A	19-04-2002
US 5391506 A	21-02-1995	JP 5218415 A	27-08-1993
		JP 5218416 A	27-08-1993
		JP 5343679 A	24-12-1993
US 2003102497 A1	05-06-2003	US 2004038464 A1	26-02-2004
US 2004110331 A1	10-06-2004	TW 591797 B	11-06-2004

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H O 1 L 29/78 6 1 7 K
H O 1 L 29/78 6 1 7 N

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100108604

弁理士 村松 義人

(72)発明者 ピン ユ

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 5 0 1 4、キューパーティノ、ポピー ウェイ 1 3 7 3

(72)発明者 シブリー エス. アーメド

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 5 1 3 4、サン ノゼ、ナンバー 1 0 5、エラン ビレッジ レイン 3 5 0

(72)発明者 ハイホン ワン

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 5 0 3 5、ミルピタス、アパートメント ティー 3 0 3、ミルモント ドライブ 1 7 7 5

F ターム(参考) 5F048 AC01 AC03 BA16 BB01 BB04 BB05 BC01 BD06 CB08

5F110 AA07 AA30 BB04 CC10 DD05 DD13 EE09 EE22 EE45 FF02

FF23 GG01 GG02 GG03 GG12 GG13 GG17 GG24 GG25 HJ23

NN78