

(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2012-517698

(P2012-517698A)

(43) 公表日 平成24年8月2日(2012.8.2)

(51) Int.Cl.

H01L 21/265 (2006.01)
H01L 29/786 (2006.01)

F 1

H01L 21/265 602A
H01L 21/265 F
H01L 29/78 613A
H01L 21/265 Z

テーマコード(参考)

5F11O

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2011-549143 (P2011-549143)
 (86) (22) 出願日 平成21年12月29日 (2009.12.29)
 (85) 翻訳文提出日 平成23年9月7日 (2011.9.7)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2009/069754
 (87) 國際公開番号 WO2010/090693
 (87) 國際公開日 平成22年8月12日 (2010.8.12)
 (31) 優先権主張番号 12/367,306
 (32) 優先日 平成21年2月6日 (2009.2.6)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド
 APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタクララ バウアーズ アベニュー 3050
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義教

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】キャッピング層を有するイオン注入した基板および方法

(57) 【要約】

イオン注入方法において、基板がプロセスゾーン内に設置され、イオンが、イオン注入した領域を形成するために基板のある領域中へと注入される。多孔質キャッピング層が、イオン注入した領域上に堆積される。基板がアニールされ、アニーリングプロセス中にイオン注入した領域の上に重なる多孔質キャッピング層のうちの少なくとも 80 % を蒸発させる。中間製品は、基板と、基板上の複数のイオン注入領域と、イオン注入領域を覆う多孔質キャッピング層とを備える。

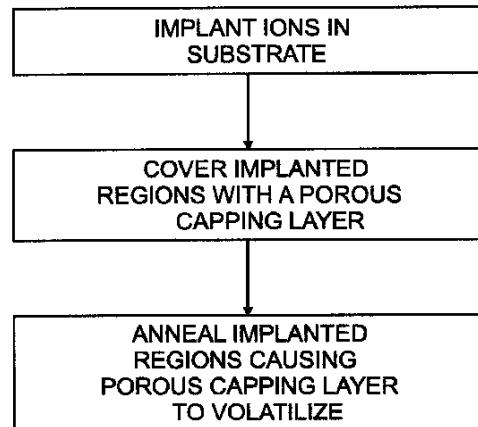


FIG. 2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) イオン注入した領域を形成するために基板のある領域中へとイオンを注入するステップと、

(b) 前記イオン注入した領域上に多孔質キャッピング層を堆積するステップと、

(c) 前記基板をアニールし、前記アニーリングプロセス中に前記イオン注入した領域の上に重なる前記多孔質キャッピング層のうちの少なくとも 80 % を蒸発させるステップと

を備えた、イオン注入方法。

【請求項 2】

(c) が、前記多孔質キャッピング層のうちの少なくとも 90 % を蒸発させる一方で、前記注入した領域中の前記注入したイオンのうちの少なくとも 60 % を保持するように、前記基板上の前記イオン注入した領域をアニールするステップを備えた、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

(b) が、

(i) 少なくとも 20 % の気孔率と、

(ii) 少なくとも 20 % の気孔体積である連続する気孔と
のうちの少なくとも 1 つの特性を有する多孔質キャッピング層を堆積するステップを備えた、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

(b) が、プロセスゾーン中へとプロセスガスを導入し、室温でプラズマを形成するために前記プロセスガスを励起することによって、前記多孔質キャッピング層を堆積するステップを備えた、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

(b) が、プロセスゾーン中へとシリコン含有ガスおよび酸素含有ガスを包含するプロセスガスを導入し、プラズマを形成するために前記プロセスガスを励起し、30 より低いところで前記基板を維持することによって、二酸化シリコンを包含する多孔質キャッピング層を堆積するステップを備えた、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

(i) 前記シリコン含有ガスがシランを包含し、酸素含有ガスが酸素を包含する、
(ii) 前記プロセスガスが約 5 mTorr から約 500 mTorr までの圧力で維持される、

(iii) 前記プラズマが、前記プロセスゾーンの周りのアンテナに約 1000 ワットから約 10000 ワットまでの電力レベルで電力を供給することによって形成される
のうちの少なくとも 1 つを備えた、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

(a) が、

(i) ヒ素か、ホウ素か、またはリンを包含するイオンを注入するステップと、

(ii) $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ から $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ までの
ドーズ量でイオンを注入するステップと、

(iii) 前記基板表面から 500 より浅い深さに前記イオンを注入するステップと、

(iv) プロセスゾーン中へとヒ素含有ガスを包含するプロセスガスを導入し、前記プロセスガスを励起してプラズマを形成し、30 よりも低いところで前記基板を維持することによってヒ素イオンを注入するステップと

のうちの少なくとも 1 つのステップでイオンを注入するステップを備えた、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

(iv) が、

10

20

30

40

50

(i) 約 3 mTorr から約 5 Torr までの圧力で前記プロセスガスを維持するステップと、

(ii) 約 200 ボルトから約 800 ボルトまでの電圧で前記プロセスゾーンの周りのアンテナに電力を供給するステップと
のうちの少なくとも 1 つのステップを備えた、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

ステップ (a) および (b) が、プロセスチャンバのプロセスゾーン内に前記基板を設置することによって実行される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

(a) 基板と、
(b) 前記基板上の複数のイオン注入領域と、
(c) 前記イオン注入領域を覆う多孔質キャッピング層と
を備えた中間製品。

10

【請求項 11】

前記多孔質キャッピング層が、
(i) 少なくとも 20 % の気孔率と、
(ii) 少なくとも 20 % の気孔体積である連続する気孔と
のうちの少なくとも 1 つの特性を備えた、請求項 10 に記載の製品。

20

【請求項 12】

前記イオン注入した領域が、
(i) ヒ素か、ホウ素か、またはリンを包含するイオンと、
(ii) $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ から $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ までのドーズ量で注入したイオンと、
(iii) 前記基板表面から 500 より深い深さに注入したイオンと、
(iv) n - タイプドープ領域に隣接する p - タイプドープ領域と
のうちの少なくとも 1 つの特性を備えた、請求項 10 に記載の製品。

30

【請求項 13】

前記基板が、酸化シリコンと、炭化シリコンと、結晶質シリコンと、歪シリコンと、シリコングルマニウムと、ドープしたまたはアンドープの多結晶シリコンと、ドープしたまたはアンドープのシリコンウェーハと、ドープしたシリコンと、ゲルマニウムと、ガリウムヒ素と、窒化ガリウムと、ガラスと、サファイアと、石英とのうちの少なくとも 1 つを備えた、請求項 10 に記載の製品。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、イオン注入領域を形成するために基板中にイオンを注入することに関する。

【背景技術】

【0002】

基板のある領域内の材料のエネルギー・バンドギャップレベルを変えるために、イオン注入した領域を基板上に形成する。半導電性領域を形成するために、例えば、ホウ素や、リンや、ヒ素や、その他の物質のイオンを、シリコンまたは化合物半導体材料中に注入する。もう 1 つの例として、ソーラパネル用の太陽電池を形成するために、石英か、II III 族化合物か、または V 族化合物（例えば、GaAs）を包含する基板中にイオンを注入する。さらにもう 1 つの例として、ディスプレイパネル用の発光ダイオード（LED）を形成するために、窒化ガリウムを包含する基板中にイオンを注入する。

40

【0003】

しかしながら、あるイオン注入プロセスでは、注入したイオンの大部分が、イオン注入プロセス中にまたはその後引き続くプロセス中に消失するまたは蒸発する。例えば、注入したイオンの拡散および蒸発が、イオン注入プロセスが終了した後で実行されるアニーリ

50

ングプロセス中に生じる場合がある。一例として、注入した領域内のイオンをより均一に分布させ、注入したものを電気的に活性化させかつ格子欠陥を除去するために、シリコンウェーハを包含する基板のイオン注入した領域をアニールする。少なくとも約950℃の温度に基板を加熱することによって、かかるアニーリングプロセスを行うことができる。しかしながら、アニーリングプロセス中に与えられる熱が、基板から、特に浅い接合中の高イオン濃度に対して、注入したイオンを蒸発させる場合がある。

【0004】

これらの欠点および他の欠点を含む理由のため、ならびに様々なイオン注入法および構造の開発にも拘わらず、イオン注入技術のさらなる改善が継続的に求められている。

10

【発明の概要】

【0005】

イオン注入方法において、基板がプロセスゾーン内に設置され、イオンが、イオン注入した領域を形成するために基板のある領域中へと注入される。多孔質キャッピング層が、イオン注入した領域上に堆積される。基板がアニールされ、アニーリングプロセス中にイオン注入した領域の上に重なる多孔質キャッピング層のうちの少なくとも80%を蒸発させる。中間製品は、基板と、基板上の複数のイオン注入領域と、イオン注入領域を覆う多孔質キャッピング層とを備える。

【0006】

本発明のこれらのフィーチャや、態様や、利点は、下記の説明や、別記の特許請求の範囲や、本発明の例を図示する添付した図面に関してより良く理解されるようになるであろう。しかしながら、フィーチャの各々を、単に特定の図面の文脈においてではなく、一般的に本発明において使用することができるが理解され、本発明は、これらのフィーチャの任意の組み合わせを含む。

20

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】図1Aは基板中に複数のイオン注入した領域を形成するために基板に対して実行されるイオン注入プロセスの断面の概略的側面図であり、図1Bは基板中に複数のイオン注入した領域を形成するために基板に対して実行されるイオン注入プロセスの断面の概略的側面図であり、図1Cは中間製品を形成するためにイオン注入した領域の上方に堆積しようとしている多孔質キャッピング層を示す、図1Dは基板の断面の概略的側面図であり、図1Eはイオン注入した領域のアニーリングおよびアニーリングプロセス中に蒸気化するキャッピング層を示す、図1Cの基板の断面の概略的側面図であり、図1Dはキャッピング層がイオン注入した領域から蒸気化した後の、図1Dの基板の断面の概略的側面図である。

30

【図2】イオン注入プロセスや、キャッピングプロセスや、蒸気化プロセスの流れ図である。

【図3】PMOSトランジスタおよびNMOSトランジスタを備えた集積回路の断面の概略図である。

【図4】イオン注入プロセスおよびキャッピングプロセスを実行するために適した装置の断面の概略的側面図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0008】

半導体用や、ソーラパネル用や、LED用や、他の応用のための基板40を製造するためのプロセスでは、複数のイオン注入した領域44a、44bを、図1Aおよび図1Bに示したように基板上に形成する。基板40を、例えば、酸化シリコンや、炭化シリコンや、結晶質シリコンや、歪シリコンや、シリコングルマニウムや、ドープしたまたはアンドープの多結晶シリコンや、ドープしたまたはアンドープのシリコンウェーハや、ドープしたシリコンや、ゲルマニウムや、ガリウムヒ素や、窒化ガリウムや、ガラスや、サファイアや、石英のうちのいずれか1つまたは複数などの材料とすることができる。基板40は、種々の寸法を有することができ、例えば、基板40を、200mmもしくは300mm

50

の直径を有する円形ウェーハまたは長方形もしくは正方形パネルとすることができます。

【0009】

イオン注入領域44a、44b中に注入するイオン45は、基板40の応用に依存する。例えば、シリコンウェーハを包含する基板40中へとn-タイプドーパントおよびp-タイプドーパントを注入することによって、イオン注入領域44a、44bを、集積回路チップのトランジスタのゲートおよび/またはソースドレイン構造を形成するために使用することができる。シリコン中に注入したときにn-タイプドーパントになる適切なイオン45は、例えば、リンや、ヒ素や、アンチモンや、これらの組み合わせのうちの少なくとも1つを含む。p-タイプドーパントになる適切なイオン45は、例えば、ホウ素や、アルミニウムや、ガリウムや、タリウムや、インジウムや、シリコンや、これらの組み合わせのうちの少なくとも1つを含む。従って、ヒ素またはリンなどのn-タイプドーパントで前もってドープされているもう1つのイオン注入領域(図示せず)に隣接するイオン注入領域44a、44b内のシリコン中へと、ホウ素などのp-タイプの導電性ドーパントを注入したときに、2つの領域間の境界に沿ってp-n接合が形成される。イオンを、例えば、 1×10^{14} atoms/cm³から 1×10^{17} atoms/cm³までのドーズ量のうちの選択したドーズ量レベルに注入することができる。

10

【0010】

注入プロセスでは、基板40をプロセスゾーン46内に設置し、基板温度を、約25と約400との間で維持する。注入すべきイオン源種を与えるために、プロセスガスをプロセスゾーン46中へと導入する。プロセスガスは、また、フッ素および/または水素などの蒸発性種を含むことができる。例えば、プロセスガスは、ヒ素や、ホウ素や、リン、等のフッ化物および/または水素化物を包含するイオン注入ガスを含むことができる。イオン注入ガスは、例えば、AsF₃や、AsH₃や、B₂H₆や、BF₃や、SiH₄や、SiF₄や、PH₃や、AsF₅や、P₂H₅や、PO₃や、PF₃や、PF₅や、CF₄を含むことができる。特定のガスのフッ化物および水素化物を、やはり組み合わせる、例えば、BF₃+B₂H₆か、PH₃+PF₃か、AsF₃+AsH₃か、SiF₄+SiH₄か、またはGeF₄+GeH₄とすることができる。一実施形態では、イオン注入ガスは、約2sccmと約1000sccmとの間の流量を有することができる。

20

【0011】

プロセスガスは、N₂や、Arや、Heや、Xeや、Krなどの不活性ガスまたは非反応性ガスをさらに含むことができる。不活性ガスまたは非反応性ガスは、イオン照射の活性を高め、プロセスガス衝突を増加させてイオン種の再結合を減少させる。不活性ガスまたは非反応性ガスの流量を、約10sccmから約1200sccmまでとすることができる。

30

【0012】

プロセスガスは、処理チャンバの外へより容易に排出される蒸発性副生成物の形成を支援するために、窒素含有ガスをさらに含むことができる。窒素含有ガスは、NOや、NO₂や、NH₃や、N₂や、N₂Oや、これらの混合物を含むことができる。窒素含有ガスを、約10sccmから約500sccmまでの流量で供給することができる。

40

【0013】

プロセスガスをイオン化させて、基板40へ注入しようとする原子種のイオン45を含有するプラズマ48を形成する。イオン注入した領域を形成するために基板40の露出した領域52上に勢いよく衝突してその中へと入るイオンを形成するために、プロセスゾーン46全域に印加した電圧電位によって、(図1Aおよび図1Bで矢印50によって示したように)これらのイオンを加速する。プロセスゾーン46の周りのアンテナ(図示せず)に印加される誘導結合した電力であるソース電力およびプロセスゾーン46の周りの電極(図示せず)に印加される容量結合した電力であるバイアス電力によって、またはソース電力およびバイアス電力の組み合わせによって、プロセスガスを励起させることができる。典型的には、ソース電力は、プロセスガスからプラズマ48を発生させ、バイアス電力は、プロセスガスをさらに解離させ、また、基板40へ向けて解離したイオン45を加

50

速させる。イオン種を基板40中へと所望の深さに打ち込むことを可能にするために、ソース電力およびバイアス電力を、所定のエネルギーレベルに設定する。低いイオンエネルギーの状態の解離したイオンを、500よりも浅い、例えば、基板表面から約10から約500までの浅い深さのところに注入する。例えば、約10KeVよりも高い、高いRF電力から発生された高いイオンエネルギーの状態の解離したイオンを、基板表面から500を超える深さに基板40中へと注入することができる。一例では、ソース電力を約50ワットから約2000ワットまでのところに維持し、バイアス電力を、約10ボルトから約1200ボルトまでのRF電圧で約50ワットから約11000ワットまでのところに維持する。

【0014】

例示的な実施形態では、ヒ素イオンを、プロセスゾーン46内の基板40中へと注入することができる。基板40を、30よりも低い温度で維持する。このプロセスでは、AsH₃などのヒ素含有ガスを包含するプロセスガスを、プロセスゾーン46中へと導入する。プロセスガスを、約3mTorr(0.399Pa)から約2Torr(266Pa)まで、例えば、約20mTorr(2.66Pa)の圧力で維持する。約200ボルトから約8000ボルトまでの、例えば、約6000ボルトの電圧で、プロセスゾーン46の周りのアンテナ(図示せず)に電力を供給することによって、プロセスガスを励起させて、プラズマを形成する。アンテナに印加するソース電力を、約100ワットから約3000ワットまで、例えば、約1000ワットとすることができます。得られたプラズマは、ヒ素注入した領域を備えたイオン注入した領域44a、44bを形成するために、基板40中へと注入される励起したヒ素イオンを包含する。ヒ素イオンを、少なくとも約1×10¹⁶atoms/cm³のドーズ量で基板表面から500よりも浅い深さに注入する。

10

【0015】

予想される例では、例えば、三フッ化ホウ素ガス(BF₃)などのホウ素含有ガスを包含するプロセスガスのプラズマから、ホウ素イオンを基板40中へと注入することができる。BF₃分子を解離するために十分なエネルギー密度のプラズマを発生させるために、プロセスガスを励起させ、それによってB⁺、同様にBF⁺およびおそらくBF₂⁺のイオンを形成する。プロセスガスを、約5mTorr(0.665Pa)から約3Torr(399Pa)までの圧力で維持する。室温で0.1Torr(13.3Pa)程度の蒸気圧を有し、100よりも高い温度でかなりの蒸気圧を生成するデカボラン粉末を、やはり、ホウ素イオンのソースとして、またはガス状ソースを補うために使用することができる。

20

【0016】

例示的なホウ素注入プロセスを代表するもう1つの予想される例では、プロセスガスがBF₃およびSiH₄を含み、これらは、B³⁺や、BF²⁺や、BF₂²⁺や、F⁻や、Si₄や、H⁺の形にプラズマによってイオン種として解離する。SiH₄ガスによって与えられる活性水素種は、解離したF種および他の解離した副生成物と反応して、HFまたは別のタイプの蒸発性種を形成し、従って、F種および他のタイプの副生成物が基板40中へと注入されることを防止する。そのように、過剰なシリコンイオンまたは解離したシリコンイオンが基板上に望ましくないシリコン膜を形成することを防止するために、SiH₄ガス流を選択する。一実施形態では、プロセスガスは、約1:50から1:100までの流量比でBF₃およびSiH₄を包含する。例えば、BF₃流量を、約50sccmから約400sccmまでとすることができます、SiH₄流量を、約1sccmから約20sccmまでとすることができます。ソースRF電力を、約100ワットから約2000ワットまでに設定し、バイアスRF電力を、約100ボルトから約12000ボルトまでに設定する。得られたプラズマは、基板40中へとホウ素イオンを注入して、ホウ素注入した領域を備えたイオン注入した領域44a、44bを形成する。

30

【0017】

さらに予想される例では、リンドーピングを、例えば、PF₃もしくはPF₅などのフ

40

50

化リンガス、またはPH₃などの水素化リンガスなどのリン含有ガスを包含するプロセスガスを使用して実行することができる。プロセスガスをプロセスゾーン46中へと導入し、約10mTorr(1.33Pa)から約3Torr(399Pa)までの圧力で維持する。例えば、PF₃ガスを、約50sccmから約1000sccmまでの流量で供給することができる。ソースRF電力を、約100ワットから約3000ワットまでに設定することができ、バイアスRF電力を、約100ボルトから約12000ボルトまでに設定することができる。得られたプラズマは、基板40中へとリンイオンを注入して、リン注入した領域を備えたイオン注入した領域44a、44bを形成する。

【0018】

例示的な実施形態では、イオンの注入の後で、図2の流れ図に示したように、多孔質キャッピング層54をイオン注入した領域44a、44b上に堆積する。多孔質キャッピング層54は、イオン注入した領域44a、44bを覆い、図1Cに示したような中間製品55を形成する。多孔質キャッピング層54を設けて、例えば、アニーリングプロセスなどの引き続くプロセスにおいて、イオン注入領域44a、44b中に注入したイオンの蒸発を防止する。しかしながら、特に、注入したイオンが、小さな質量か、弱い結合エネルギーか、または基板に対して低い溶解度を有するときには、アニーリングプロセスが、注入したイオンの大部分を基板40から消失させるまたは蒸発して逃げさせる場合がある。多孔質キャッピング層54が、注入したイオンの蒸発損失を減少させることを見出し、それによって、アニーリングプロセスの後でさえ、注入した領域44a、44b内のイオンの大部分を失わないようにした。

10

20

【0019】

アニーリングプロセスの後でまたはプロセス中に、多孔質キャッピング層54を容易に蒸気化させ除去することができることをさらに見出した。多孔質キャッピング層54の多孔性が、(1つまたは複数の)下地層から出てくる蒸気化した物質を多孔質キャッピング層54の気孔を通じてより容易に逃がし、通過させることを可能にすることが、やはり考えられる。これは、(1つまたは複数の)下地層に強く結合しているまたは接着しているときには、多孔質キャッピング層54が付着した下地層から剥離することを防止する。やはり、多孔質キャッピング層54は、体積の大部分が空の気孔空間によって占められているためにより小さな質量を有し、層54は、基板40から蒸気化してなくなるために小さなエネルギーしか必要としない。従って、1つの変形例では、多孔質キャッピング層54は、少なくとも20%か、またはそれどころか少なくとも50%の気孔率を包含する。さらに、多孔質キャッピング層54は、少なくとも20%か、またはそれどころか少なくとも50%の気孔体積である連続する気孔を有する場合がある。連続する気孔は、蒸気化ガスおよび副生成物が剥離なしに多孔質キャッピング層54を通じて逃げることをもっと簡単に可能にするので、連続する気孔が望ましい。

30

【0020】

1つの変形例では、多孔質キャッピング層54は、シリコン含有材料および酸素含有材料を包含する。この変形例では、プロセスゾーン46中へとシリコン含有材料および酸素含有材料を包含するプロセスガスを導入し、プロセスガスを励起させ、プラズマエンハンス型化学気相堆積(PEDCV)プロセスまたはマイクロ波エンハンス型化学気相堆積(MEDCV)プロセスを使用してプラズマを形成して二酸化シリコンを堆積させることによって、多孔質キャッピング層54を堆積する。本プロセスを解説するために二酸化シリコンを記載しているが、多孔質キャッピング層54を形成するために別の材料を使用することができることに、留意すべきである。やはり、堆積したシリコンおよび酸素材料は、炭素か、水素か、または窒素さえ含むことができる。例えば、二酸化シリコンの多孔質キャッピング層54を、例えば、シラン(SiH₄)や、ジシランや、ジクロロシランや、トリクロロシランや、テトラエチルオルソシランや、メチルシラン(CH₃SiH₃)や、ジメチルシラン((CH₃)₂SiH₂)や、トリメチルシラン((CH₃)₃SiH)や、ジエチルシラン((C₂H₅)₂SiH₂)や、プロピルシラン(C₃H₈SiH₃)や、ビニルメチルシラン((CH₂=CH)CH₃SiH₂)や、1,1,2,2-

40

50

テトラメチルジシラン($\text{HSi}(\text{CH}_3)_2 - \text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{H}$)や、ヘキサメチルジシラン($(\text{CH}_3)_3\text{Si} - \text{Si}(\text{CH}_3)_3$)や、 $1,1,2,2,3,3$ -ヘキサメチルトリシラン($\text{H}(\text{CH}_3)_2\text{Si} - \text{Si}(\text{CH}_3)_2 - \text{SiH}(\text{CH}_3)_2$)や、 $1,1,2,3,3$ -ペンタメチルトリシラン($\text{H}(\text{CH}_3)_2\text{Si} - \text{SiH}(\text{CH}_3) - \text{SiH}(\text{CH}_3)_2$)や、他のシラン関連化合物などのシリコン含有ガスを包含するプロセスガスを用いて堆積することができる。プロセスガスは、やはり、酸素(O_2)や、亜酸化窒素(N_2O)や、オゾン(O_3)や、二酸化炭素(CO_2)などの酸素含有ガスを含むことができる。

【0021】

シリコン / 酸素含有材料を包含する堆積した多孔質キャッピング層54を備えた中間製品55は、酸化シリコン層中に均一に分散する微小なガス poケットを有する。1つの例示的な変形例では、多孔質酸化シリコンを包含するキャッピング層54を、同じプロセスゾーン46内で基板40上に堆積する。シリコン含有ガスおよび酸素含有ガスを包含するプロセスガスを、プロセスゾーン46中へと導入する。例えば、プロセスガスは、約1:1から約1:10までの、またはそれどころか約1:2から約1:6までの体積流量比で、シランおよび酸素を含むことができる。例えば、シランの流量を、約5 sccmから約50 sccmまでとすることができ、酸素の流量を、約20 sccmから約200 sccmまでとすることができる。任意選択で、アルゴンをプロセスガスに添加する。アルゴンを添加するときには、シラン対酸素の体積流量比を上に記載したレベルで維持し、約1:4から約4:1までの酸素対アルゴン体積流量比を維持するように、十分なアルゴンを添加する。プロセスガスを、約5 mTorr(0.665 Pa)から約500 mTorr(66.5 Pa)まで、例えば、約100 mTorr(13.3 Pa)の圧力で維持する。約200ボルトから約10,000ボルトまで、例えば、約1000ボルトの電圧で、かつ約1000ワットから約10,000ワットまで、例えば、約8000ワットの電力レベルでプロセスゾーン46の周りのアンテナに印加したRFエネルギーから、プラズマを発生させる。多孔質キャッピング層54を基板上に形成するために、基板40を30よりも低い温度で維持する。

【0022】

もう1つの予想される例では、多孔質キャッピング層54を、トリメチルシラン($(\text{CH}_3)_3 - \text{SiH}$)および酸素を包含するシリコン含有ガスを包含するプロセスガスを用いて形成する。トリメチルシランを、約20 sccmから約100 sccmまでの流量で、酸素を約10 sccmから約200 sccmまでの流量で与える。プロセスガスは、やはり、約10 sccmから約5000 sccmまでの流量でヘリウムまたは窒素を含むことができる。チャンバ圧力を、約1 Torr(133 Pa)と約15 Torr(1995 Pa)との間で維持する。RF電源を、約100ワットから約900ワットまでで印加する。基板40を、約300から約450までの温度で維持して、多孔質キャッピング層54を堆積する。

【0023】

さらにもう1つの予想される例として、多孔質キャッピング層54を、約200 sccmから約2000 sccmまでの流量のテトラエチルオルソシラン(TEOS)、および約200 sccmから約2000 sccmまでの流量の酸素を包含するプロセスガスを使用して堆積する。約300ワットから約1200ワットまでのRFエネルギーで、プラズマに電力を供給する。基板40を約300から約500までの温度に維持する。

【0024】

図1Dおよび図2に示したように、イオン注入した領域へと注入したイオンをより均一に分布させるために、上に重なる多孔質キャッピング層54を有するイオン注入した領域44a、44bをアニールする。例えば、 $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^2$ のイオン濃度ばらつきを、アニーリングプロセスにおいて $1 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ に減少させることができる。アニーリングプロセスは、やはり、注入したイオンのエネルギー衝突によって生じることがあるイオン注入した領域44a、44b内の格子欠陥を除去するまた

10

20

30

40

50

は減少させることができる。アニーリングプロセスを、やはり、注入したイオンを活性化するために使用することができる。1つの例示的なアニーリングプロセスでは、基板40を、少なくとも約1000の温度に、またはそれどころか約800から約1300までの温度に加熱する。適切なアニーリングプロセスを、約5分間実行することができる。

【0025】

アニーリングプロセスでは、多孔質キャッピング層54のうちの少なくとも一部が、熱処理プロセス中に蒸発する。1つの変形例では、イオン注入した領域の上に重なる多孔質キャッピング層54のうちの少なくとも80%が、アニーリング中に蒸発する。例えば、アニーリング中に、多孔質キャッピング層54のうちの少なくとも90%を蒸発させることができ一方で、イオン注入領域44a、44b内部の注入したイオンのうちの少なくとも60%を依然として保持する。従って、多孔質キャッピング層54は、イオン注入領域44a、44b内部のイオンを保持する一方で、同時に基板40から蒸気化してなくなる。有利なことに、このプロセスは、注入したイオンの大部分の保持を可能にする一方で、実質的にすべての多孔質キャッピング層54を除去する。

10

【0026】

次のステージの製品を形成するために、中間製品のアニーリング中に大部分の多孔質キャッピング層54を蒸気化させるあいだに、図1Dに示したように、蒸気化しなかった層54からの残留物質を、ドライクリーニングすなわちプラズマクリーニングプロセス、またはウェットエッティングプロセスによって除去することができる。適切なドライクリーニングすなわちプラズマクリーニングプロセスでは、CF₄などのフッ素を包含するプロセスガスを、プロセスゾーン46中へと導入することができ、プロセスガスから発生したプラズマを、残留するシリコン含有物質および酸素含有物質を基板40の表面から取り去るために使用する。得られた基板40は、図1Eに示したように、均一に分布したイオン濃度や、減少した格子欠陥や、きれいな表面58を有するイオン注入した領域44a、44bを備える。

20

【0027】

本プロセスを使用して製造することができるPMOSトランジスタおよびNMOSトランジスタを備えた集積回路の例示的な実施形態を、図3に図示する。この構造では、シリコンウェーハを包含する基板40は、(図示したような)バルク半導電性シリコン材料、または基板40の上方の絶縁性層上に形成されたシリコンアイランド(図示せず)であることがある能動半導体層100a、100bを有する。PMOSトランジスタ102を、能動層100の低濃度n-ドープ領域100a内に形成し、NMOSトランジスタ202を、能動層100の低濃度p-ドープ領域100b内に形成する。p-ドープ領域およびn-ドープ領域100a、100bを、能動層中にエッティングされかつ二酸化シリコンなどの絶縁性材料を用いて埋められたシャローアイソレーショントレントレンチ106によって互いに絶縁する。PMOSトランジスタ102は、また、能動層内の高濃度p-ドープのソースおよびドレイン領域108a、108bならびにn-ドープチャネル112によって分離された高濃度p-ドープのソースおよびドレインエクステンション110a、110bを含む。

30

【0028】

イオン注入した領域44a、44bを、例えば、低濃度n-ドープ領域100aや、低濃度p-ドープ領域100bや、高濃度p-ドープのソースおよびドレイン領域108a、108bや、n-ドープチャネル112によって分離された高濃度p-ドープのソースおよびドレインエクステンション110a、110bのうちのいずれか1つとすることができます。この変形例では、いずれかのイオン注入した領域44a、44bの堆積の直後に、基板40に対して実行されることがある引き続くアニーリングプロセス中にイオンの蒸発を防止するために、多孔質キャッピング層(図示せず)を使用して、イオン注入した領域44a、44bを覆う。その後で、イオン注入領域44a、44bのある基板40をアニールする。アニーリングプロセスでは、実質的にすべての多孔質キャッピング層54が

40

50

蒸気化する。その後で、他の層を、基板40へと堆積し、エッティングし、そうでなければ処理する。

【0029】

P MOSトランジスタ102では、多結晶シリコンゲート電極114が、チャネル112の上に重なり、薄いゲート二酸化シリコン層116によってチャネルから分離される。例えば、チタンシリサイドまたはコバルトシリサイドを包含するゲートコンタクト118が、ゲート電極114の上に重なる。例えば、チタンシリサイドまたはコバルトシリサイドをやはり包含するソースコンタクト領域120を、ソース領域108a内に形成する。窒化シリコン絶縁層122が、ソースおよびドレイン領域108a、108bの上に重なり、ゲート電極構造114、116、118を囲む。二酸化シリコンアイランド124が、絶縁層122内部にある。薄い窒化シリコンエッティングトップ層126が、P MOSトランジスタ102の上に重なる。上に重なっている多層インターフェクト層132の下部絶縁層130が、エッティングトップ層126の上に重なる。絶縁層130を形成した後で、絶縁層の上表面130aを平らにするために、化学機械ポリシングプロセスを使用することができる。例えば、スズなどの金属ソースコンタクト134が、チタンシリサイドソースコンタクト領域120へと絶縁層130を貫通しエッティングトップ層126を貫通して垂直に延びる。絶縁層を、二酸化シリコン(SiO₂)、またはリンケイ酸ガラス(PSG)か、ホウ素ケイ酸ガラス(BSG)か、もしくは炭素ドープのケイ酸ガラス(CSG)などの二酸化シリコン含有結合物とすることができます。かかる結合物を、酸素含有ガスか、シリコン前駆体(例えば、シラン)か、リン前駆体ガス(PH₃)か、ホウ素前駆体ガス(B₂H₆)か、または炭素含有ガスを含有するプロセスガスを使用してプラズマエンハンス型堆積プロセスにおいて形成することができる。

10

20

30

【0030】

N MOSトランジスタ202は、能動層内の高濃度n-ドープのソースおよびドレイン領域208b、208aおよびp-ドープチャネル212によって分離された高濃度n-ドープのソースおよびドレインエクステンション210b、210aを含む。多結晶シリコンゲート電極214が、チャネル212の上に重なり、薄いゲート二酸化シリコン層216によってチャネルから分離される。例えば、チタンシリサイドを包含するゲートコンタクト218が、ゲート電極214の上に重なる。チタンシリサイドソースコンタクト領域220を、ソース領域208b内に形成する。窒化シリコン絶縁層222が、ソースおよびドレイン領域208b、208aの上に重なり、ゲート電極構造214、216、218を囲む。二酸化シリコンアイランド224が、絶縁層222内部にある。薄い窒化シリコンエッティングトップ層226が、N MOSトランジスタ202の上に重なる。上に重なっている多層インターフェクト層132の下部絶縁層130が、エッティングトップ層226の上に重なる。金属(例えば、TiN)ドレインコンタクト234が、チタンシリサイドソースコンタクト領域220へと絶縁層130を貫通しエッティングトップ層226を貫通して垂直に延びる。

【0031】

基板40内にイオン注入した領域44a、44bを形成するためにイオンを注入することに適しており、やはり、同じプロセスゾーン46内でイオン注入した領域44a、44bの上方に多孔質キャッピング層54を堆積することが可能な基板処理装置300の例示的な実施形態を図4に示す。基板処理装置300を、例えば、Applied Materials、Santa Clara、Californiaから商業的に入手可能なP3I(商標)などの、トロイダルソースプラズマ浸漬イオン注入装置とすることができる。適した装置は、例えば、2004年12月1日に出願した、A1-Bayati他の、米国特許出願公開第2005/0191828号に記載されており、本明細書中に引用によって、その全体が組み込まれている。

40

【0032】

一般に、装置300は、円柱状の側壁312および円盤形状の天板314によって取り囲まれたプロセスチャンバ310を備える。チャンバ310内の基板支持部316は、プ

50

ロセスゾーン46内の基板の処理用の基板40を支持するための基板受容面318を備える。基板支持部316を、誘電性プレート321中に埋め込まれた、またはプレートによって覆われた電極319を含む静電チャック317とすることができます。チャックDC電圧ソース発生器323によって、電極319に電力を供給する。

【0033】

基板40中へとイオン注入しようとしている種を含有するイオン注入ガスを包含するプロセスガスを、ガス分配器320を通ってプロセスゾーン46中へと導入する。チャンバー310の天板314上のガス分配器320は、ガス分配パネル325に接続されたガスマニフォールド324を介してプロセスガスを受け取る。プロセスガスの組成を制御するために、各ガス供給部326a～326jからのガスの流れを設定するマスフローコントローラ327a～327jのセットによって個別に制御される個々のガス供給部326a～326jによって、ガスマニフォールド324は供給される。例えば、個々のガス供給部326a～326jは、ヒ素含有ガスか、リン含有ガスか、ホウ素含有ガスか、炭素含有ガスか、水素か、酸素か、窒素か、シランか、水素化ゲルマニウムガスか、クリプトンか、キセノンか、アルゴンか、または他のガスの供給物を含むことができる。ガス供給部326a～326jは、ホウ素のフッ化物や、ホウ素の水素化物や、リンのフッ化物や、リンの水素化物を含む異なるドーパント含有ガスを含包することができる。他のガスは、同時注入（水素およびヘリウム）や、材料強化（窒素）や、表面安定化または同時注入（シリコンカゲルマニウムか炭素のフッ化物）や、フォトレジスト除去および／またはチャンバクリーニング（酸素ガス）の際に使用するガスを含む。真空ポンプ328を、基板支持部316と側壁312との間に明示したポンピングアニュラス330に連結する。

10

20

30

【0034】

プロセスガスを、基板40の上のプロセスゾーン46内で励起させる。プロセスゾーン46内のプロセスガスを励起させるために適した励起装置333は、プロセスゾーン46を通り抜けプロセスゾーン内を横切るプラズマ電流用のリエントラントトロイダル経路を作る1対の外部リエントラント導管334、336を含む。導管334、336の各々は、チャンバー310の反対側に連結された1対の端部338を有する。各導管334、336は、中空の導電性管であり、導管の両端間の閉ループ導電経路の形成を防止するD.C.絶縁リング340を有する。各導管334、336の環状部分は、環状磁気コア342によって囲まれる。励振コイル344が、コア342を囲み、インピーダンス整合デバイス348を経由してRF電源346に連結される。それぞれのコア344に連結された2つのRF電源346を、2つのわずかに異なる周波数とすることができる。例えば、ガス励起装置333は、400kHzおよび15MHzの周波数を有するRF電流を印加することによってプロセスガスから誘導結合プラズマを形成することができる。RF電力発生器346から結合されたRF電力は、各々それぞれの導管334、336を経由し、プロセスゾーン46を経由して延びる閉トロイダル経路内にプラズマイオン電流を生成する。これらのイオン電流は、それぞれのRF電源の周波数で振動する。

【0035】

イオン注入プロセス中に、ガス励起装置333は、RF発生器346からのソース電力をリエントラント導管334、336に印加して、導管内およびプロセスゾーン46内にトロイダルプラズマ電流を作り出す。バイアス電力を、インピーダンス整合回路350を経由してバイアス電力発生器349によって基板支持部316に印加する。イオン注入深さを、RFバイアス電力発生器349によって印加される基板バイアス電圧によって決定する。毎秒平方cm当たりに注入されるイオンの数であるイオン注入速度またはフラックスを、RF発生器346によって印加されるRF電力のレベルによって制御されるプラズマ密度によって決定する。基板40中の累積注入ドーズ量（イオン／平方cm）を、フラックスおよびフラックスが維持される全時間の両者によって決定する。

40

【0036】

多孔質キャッピング層54を基板40上に堆積するときに、ソース電力発生器346を、バイアス電力発生器349を使用せずに使用することができ、基板40に向けてイオン

50

を加速させないでプラズマを発生させる。このプロセスでは、基板 40 上に多孔質キャッピング層 54 を堆積するために、プロセスガスを解離させて、互いにまたは基板表面と反応するイオンや、中性種や、他の種を形成する。

【 0 0 3 7 】

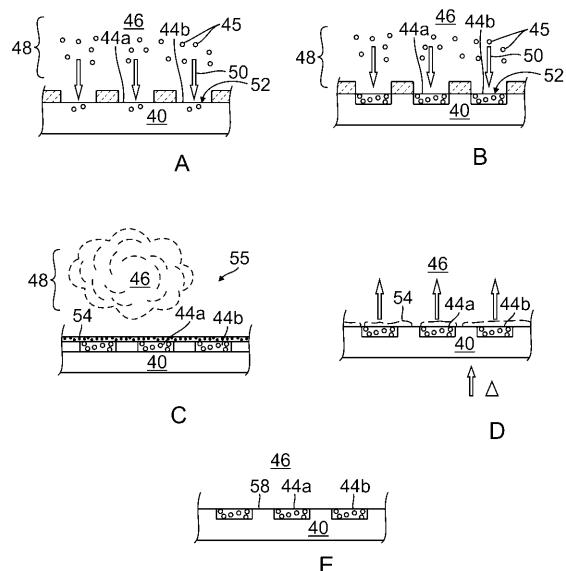
イオン注入プロセスまたはキャッピング層堆積プロセスのいずれかにおいて、プラズマを形成し、イオンを励起し、プロセスガスを反応させるために、エネルギーの代替ソースを使用することができる。例えば、誘導結合の代わりに、例えば、容量性プラズマソースか、電子サイクロotron共鳴か、または変成器結合プラズマを含む従来のプラズマ発生源または高密度プラズマ発生源のいずれかを使用して、プラズマを、やはり発生させることができる。従って、本特許請求の範囲を、本明細書中に記載した例示的な装置に限定すべきではない。

10

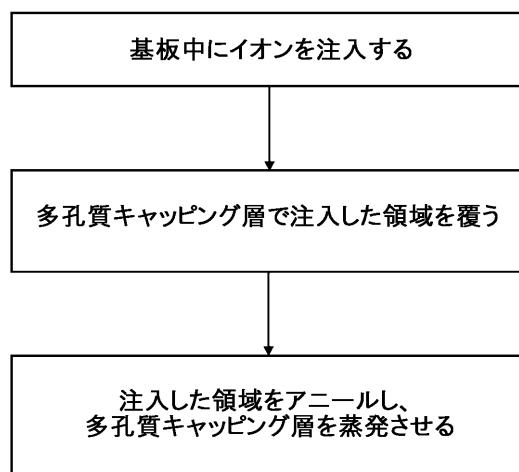
[0 0 3 8]

本発明のある種の好ましい変形例を参照して、本発明を説明してきているが、別の変形例が可能である。例えば、代替のイオン注入プロセスを、やはり使用することができる。また、当業者にとって明らかであるはずのように、別の材料を、キャッピング層54に対して使用することができる。それゆえ、別記の特許請求の精神および範囲を、本明細書中に含有された好ましい変形例の記載に限定すべきではない。

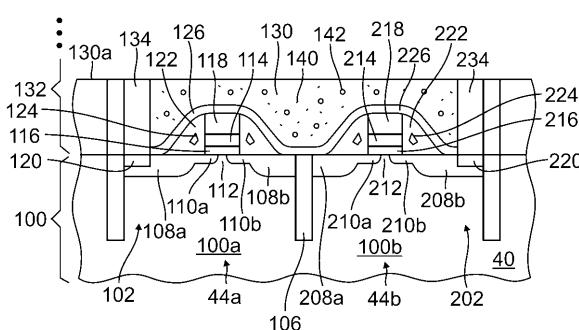
〔 1 〕



(2)



【図3】



【図4】

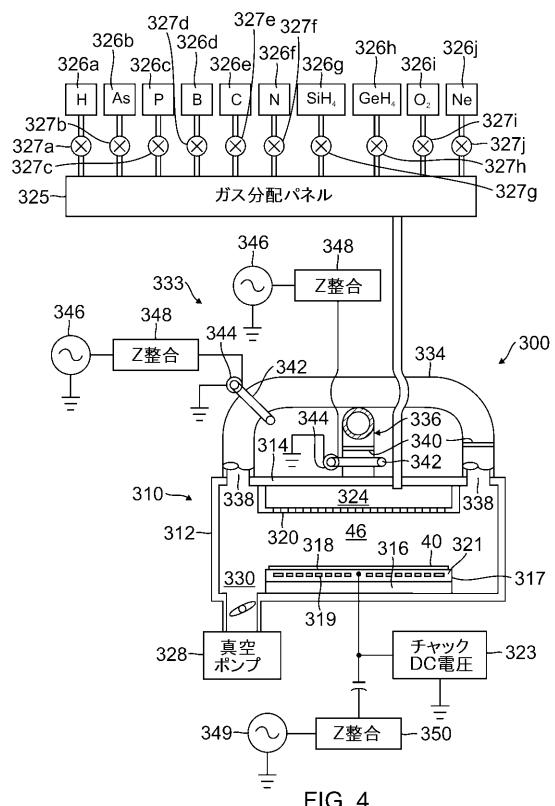


FIG. 4

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2009/069754
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01L 21/265(2006.01)i		
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) H01L 21/265; H01L 21/20; H01L 21/205; H01L 21/28; H01L 21/76		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: ion, implantation, porous		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A X	US 7045437 B1 (YA-HONG XIE) 16 May 2006 See Abstract;Column 1, Line 6-Column 6, Line 13;Claims 1-20;Figures 1-3C	1-9 10-13
A	US 5552342 A1 (ITOU; HIROYASU et al.) 03 September 1996 See Abstract;Column 1, Line 8-Column 8, Line 2;Claims 1-2;Figures 1-8	1-13
A	JP 2004-111638 A (SHARP CORP.) 08 April 2004 See Abstract;Paragraphs [0001]-[0046];Claims 1-9;Figures 1-6	1-13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
<p>* 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 application or patent 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 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</p> <p>"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</p>		
Date of the actual completion of the international search 27 JULY 2010 (27.07.2010)	Date of mailing of the international search report 27 JULY 2010 (27.07.2010)	
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Authorized officer Lee, Byul Sup Telephone No. 82-42-481-8497	



INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/US2009/069754	
---	--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7045437 B1	16.05.2006	CN 100568483 C CN 101208792 A0 EP 1897132 A1 JP 2009-508323 A KR 10-2008-0034099 A KR20080034099A US 2006-0289962 A1 WO 2007-001297 A1	09.12.2009 25.06.2008 12.03.2008 26.02.2009 18.04.2008 18.04.2008 28.12.2006 04.01.2007
US 5552342 A1	03.09.1996	JP 02-734344 B2 JP 07-058057 A JP 2734344 B2	09.01.1998 03.03.1995 30.03.1998
JP 2004-111638 A	08.04.2004	JP 4339563 B2	07.10.2009

フロントページの続き

(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,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,S,K,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BS,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 デル アグア ボルニケル, ホセ イグナシオ
ベルギー国 3001 ケッセル-ロー, ファザンテンラーン 17

(72)発明者 プーン, ツエ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94085, サニーヴェール, レイクサイド ドライヴ
2077番 1267

(72)発明者 シュレーテルカンプ, ロベール
ベルギー国 3001 ルーヴェン, バーグ. ジェイ. エーデケンスストラート 28

(72)発明者 フォード, マジード
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94087, サニーヴェール, シエラトン ドライブ 6
40

F ターム(参考) 5F110 AA16 BB04 CC02 DD02 DD03 DD04 DD05 DD13 EE05 EE09
EE14 EE32 FF02 GG02 GG12 HJ01 HJ04 HJ13 HJ21 HJ22
HL01 HM15 NN02 NN22 NN23 NN25 NN26 NN62 QQ11 QQ19