

(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.	F I	テーマコード (参考)
<b>H O 1 L 21/265 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/265 6 O 2 A	5 F 1 1 O
<b>H O 1 L 29/786 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/265 F	
	H O 1 L 29/78 6 1 3 A	
	H O 1 L 21/265 Z	

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)	(71) 出願人	390040660
(86) (22) 出願日	平成21年12月29日 (2009. 12. 29)		アプライド マテリアルズ インコーポレ イテッド
(85) 翻訳文提出日	平成23年9月7日 (2011. 9. 7)		APPLIED MATERIALS, I NCORPORATED
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/069754		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 5 4 サンタ クララ パウアーズ ア ベニュー 3 0 5 0
(87) 国際公開番号	W02010/090693	(74) 代理人	100109726
(87) 国際公開日	平成22年8月12日 (2010. 8. 12)		弁理士 園田 吉隆
(31) 優先権主張番号	12/367, 306	(74) 代理人	100101199
(32) 優先日	平成21年2月6日 (2009. 2. 6)		弁理士 小林 義教
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

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。

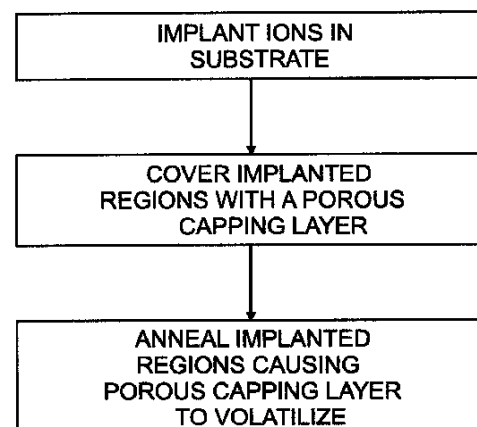


FIG. 2

## 【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 m T o r r から約 5 T o r r までの圧力で前記プロセスガスを維持するステップと、

( i i ) 約 2 0 0 ボルトから約 8 0 0 0 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 1 0】

( 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 1 1】

前記多孔質キャッピング層が、  
 ( i ) 少なくとも 2 0 % の気孔率と、  
 ( i i ) 少なくとも 2 0 % 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 1 0 に記載の製品。

【請求項 1 2】

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、  
 ( i i )  $1 \times 10^{14} \text{ atoms / cm}^3$  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、  
 ( i i i ) 前記基板表面から 5 0 0 より浅い深さに注入したイオンと、  
 ( i v ) 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 1 0 に記載の製品。

20

【請求項 1 3】

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、シリコンゲルマニウムと、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 1 0 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、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、注入したものを電氣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。

#### 【発明の概要】

10

#### 【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ことが理解され、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1Bの基板の断面の概略的側面図であり、図1D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1E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、シリコンゲルマニウムや、ドーブしたまたはアンドープの多結晶シリコンや、ドーブしたまたはアンドープのシリコンウェーハや、ドーブしたシリコンや、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る。

【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パされているもう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、 $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$  から  $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  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、 $\text{AsF}_3$  や、 $\text{AsH}_3$  や、 $\text{B}_2\text{H}_6$  や、 $\text{BF}_3$  や、 $\text{SiH}_4$  や、 $\text{SiF}_4$  や、 $\text{PH}_3$  や、 $\text{AsF}_5$  や、 $\text{P}_2\text{H}_5$  や、 $\text{PO}_3$  や、 $\text{PF}_3$  や、 $\text{PF}_5$  や、 $\text{CF}_4$  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、 $\text{BF}_3 + \text{B}_2\text{H}_6$  か、 $\text{PH}_3 + \text{PF}_3$  か、 $\text{AsF}_3 + \text{AsH}_3$  か、 $\text{SiF}_4 + \text{SiH}_4$  か、または  $\text{GeF}_4 + \text{GeH}_4$  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、 $\text{N}_2$  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、 $\text{NO}_2$  や、 $\text{NH}_3$  や、 $\text{N}_2$  や、 $\text{N}_2\text{O}$  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。

【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

40

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 10 KeV 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 12000 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、 $AsH_3$  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 3 mTorr (0.399 Pa) から約 2 Torr (266 Pa) まで、例えば、約 20 mTorr (2.66 Pa) 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る。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  $1 \times 10^{16}$  atoms/cm<sup>3</sup> 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。

#### 【0015】

予想される例では、例えば、三フッ化ホウ素ガス ( $BF_3$ ) 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。 $BF_3$  分子を解離させ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  $BF_2^+$  のイオンを形成する。プロセスガスを、約 5 mTorr (0.665 Pa) から約 3 Torr (399 Pa) までの圧力で維持する。室温で 0.1 Torr (13.3 Pa) 程度の蒸気圧を有し、100 より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。

#### 【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  $BF_3$  および  $SiH_4$  を含み、これらは、 $B^3+$  や、 $BF^2+$  や、 $BF_2^2+$  や、F や、 $Si_4$  や、 $H^+$  の形にプラズマによってイオン種として解離する。 $SiH_4$  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、 $SiH_4$  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  $BF_3$  および  $SiH_4$  を包含する。例えば、 $BF_3$  流量を、約 50 sccm から約 400 sccm までとすることができ、 $SiH_4$  流量を、約 1 sccm から約 20 sccm までとすることができる。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。

#### 【0017】

さらに予想される例では、リンドーピングを、例えば、 $PF_3$  もしくは  $PF_5$  などのフ

10

20

30

40

50

ッ化リンガス、または $\text{PH}_3$ 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、 $\text{PF}_3$ 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。

#### 【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の気孔を通し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を通し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。

#### 【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(PECVD)プロセスまたはマイクロ波エンハンス型化学気相堆積(MECVD)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( $\text{SiH}_4$ )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( $\text{CH}_3\text{SiH}_3$ )や、ジメチルシラン( $(\text{CH}_3)_2\text{SiH}_2$ )や、トリメチルシラン( $(\text{CH}_3)_3\text{SiH}$ )や、ジエチルシラン( $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SiH}_2$ )や、プロピルシラン( $\text{C}_3\text{H}_8\text{SiH}_3$ )や、ビニルメチルシラン( $(\text{CH}_2=\text{CH})\text{CH}_3\text{SiH}_2$ )や、1,1,2,2-

10

20

30

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 ( $\text{O}_2$ ) や、亜酸化窒素 ( $\text{N}_2\text{O}$ ) や、オゾン ( $\text{O}_3$ ) や、二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) 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ポケットを有する。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、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、アニール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。アニールングプロセスは、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させ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る一方で、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。

#### 【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チ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、 $CF_4$ 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。

#### 【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、能動層中にエッチ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。

#### 【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る。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

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

【0029】

P M O S 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 108 a 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 108 a、108 b 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チングストップ層 126 が、P M O S 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コネクト層 132 の下部絶縁層 130 が、エッチングストップ層 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 130 a を平らにするために、化学機械ポリッ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 を貫通しエッチングストップ層 126 を貫通して垂直に延びる。絶縁層を、二酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ )、またはリンケイ酸ガラス (P S G) か、ホウ素ケイ酸ガラス (B S G) か、もしくは炭素ドーピングのケイ酸ガラス (C S G) などの二酸化シリコン含有結合物とすることができる。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 ( $\text{PH}_3$ ) か、ホウ素前駆体ガス ( $\text{B}_2\text{H}_6$ ) か、または炭素含有ガスを含む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 M O S トランジスタ 202 は、能動層内の高濃度 n - ドーピングのソースおよびドレイン領域 208 b、208 a および p - ドーピングチャネル 212 によって分離された高濃度 n - ドーピングのソースおよびドレインエクステンション 210 b、210 a 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 208 b 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 208 b、208 a 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チングストップ層 226 が、N M O S 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コネクト層 132 の下部絶縁層 130 が、エッチングストップ層 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 を貫通しエッチングストップ層 226 を貫通して垂直に延びる。

40

【0031】

基板 40 内にイオン注入した領域 44 a、44 b 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 44 a、44 b 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 P 3 I (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、Al-Bayat 他、米国特許出願公開第 2005/019182 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。

【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とすることができる。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を通してプロセスゾーン４６中へと導入する。チャンバ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（シリコンか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ユラス３３０に連結する。

#### 【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あ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。

#### 【００３６】

多孔質キャッピング層５４を基板４０上に堆積するとき、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

10

20

30

40

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 を堆積させるために、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 】

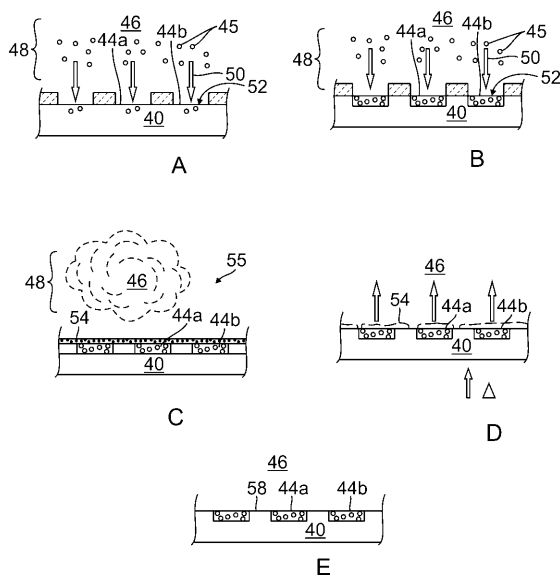
イオン注入プロセスまたはキャッピング層堆積プロセスのいずれかにおいて、プラズマを形成し、イオンを励起し、プロセスガスを反応させるために、エネルギーの代替ソースを使用することができる。例えば、誘導結合の代わりに、例えば、容量性プラズマソースか、電子サイクロトロン共鳴か、または変成器結合プラズマを含む従来のプラズマ発生源または高密度プラズマ発生源のいずれかを使用して、プラズマを、やはり発生させることができる。従って、本特許請求の範囲を、本明細書中に記載した例示的な装置に限定すべきではない。

10

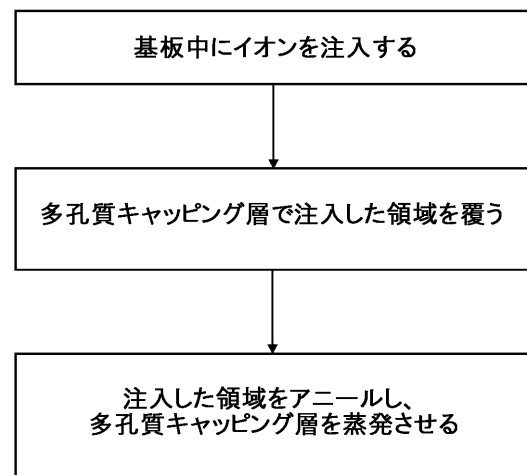
【 0 0 3 8 】

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。

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

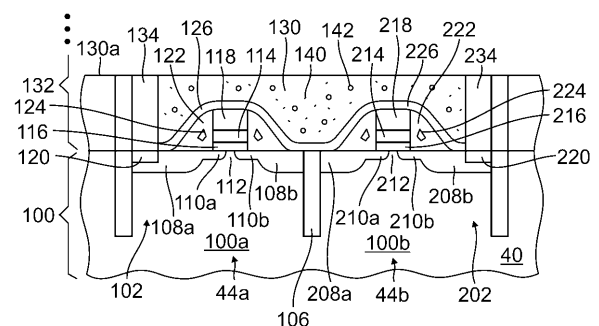




FIG. 4

## 【 国際調査報告 】

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No. <b>PCT/US2009/069754</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H01L 21/265(2006.01)i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
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) eCOMPASS(KIPO internal) & Keywords: ion, implantation, porous		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 7045437 B1 (YA-HONG XIE) 16 May 2006	1-9
X	See Abstract; Column 1, Line 6-Column 6, Line 13; Claims 1-20; Figures 1-3C	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:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" 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 <b>27 JULY 2010 (27.07.2010)</b>
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, SK, 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, BR, 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 3 0 0 1 ケッセル - ロー, ファザンテンラーン 1 7

(72)発明者 ブーン, ツェ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 0 8 5, サニーヴェール, レイクサイド ドライブ  
2 0 7 7 番 1 2 6 7

(72)発明者 シュレーテルカンブ, ロベール  
ベルギー国 3 0 0 1 ルーヴェン, バーク. ジェイ. エーデケンスストラート 2 8

(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 9 4 0 8 7, サニーヴェール, シェラトン ドライブ 6  
4 0

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