

(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2005-534978

(P2005-534978A)

(43) 公表日 平成17年11月17日(2005.11.17)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
<b>G03F 1/08</b>	G03F 1/08 A	2H095
<b>G03F 7/20</b>	G03F 7/20 501	2H097
<b>H01L 21/027</b>	H01L 21/30 502P	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2004-525977 (P2004-525977)  
 (86) (22) 出願日 平成15年5月15日 (2003.5.15)  
 (85) 翻訳文提出日 平成17年1月31日 (2005.1.31)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/015590  
 (87) 国際公開番号 W02004/013694  
 (87) 国際公開日 平成16年2月12日 (2004.2.12)  
 (31) 優先権主張番号 10/213,344  
 (32) 優先日 平成14年8月6日 (2002.8.6)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

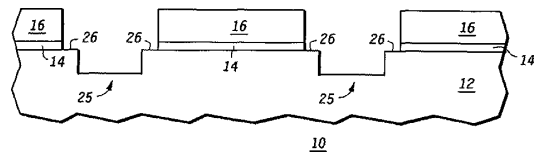
(71) 出願人 504199127  
 フリースケール セミコンダクター イン  
 コーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 78735 テキサス州  
 オースティン ウィリアム キャノンド  
 ライブ ウェスト 6501  
 (74) 代理人 100116322  
 弁理士 桑垣 衛  
 (72) 発明者 ガーザ、シーザー エム.  
 アメリカ合衆国 78681 テキサス州  
 ラウンド ロック ローズバッド プレ  
 イス 18024

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リム位相シフトマスクの形成方法および該リム位相シフトマスクを使用した半導体デバイスの構築

(57) 【要約】

リム位相シフトマスク (84) を使用してレジスト膜 (88) をパターンニングすることによって形成される半導体デバイス。異なる位相シフト領域 (25, 50 または 26) および不透明領域 (64) を形成する複層または単層のパターン化膜を使用して、リム位相シフトマスク (84) を形成する。第一位相シフト領域は、複層または単層のパターン化膜内に開口部 (17) を、不透明膜 (14) および透明基板 (12) に貫通させて拡大することによって形成される。この複層または単層のパターン化膜の不透明膜の少なくとも一部を所定距離だけ陥没させて、リム (第二位相シフト領域) (26) を形成する。第一位相シフト領域 (25 または 50) は、該領域を通過する光の位相を、リム (26) を通過する光の位相に関して 180 度シフトさせて、リム位相シフトマスクを通過する光のコントラストを増大させる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

透明基板を提供する工程と、

前記透明基板（12，32）上に載置された不透明膜（14，34）を形成する工程と、

前記不透明膜上に載置された第一マスク膜（16，38）を形成する工程と、  
前記第一マスク膜（17，46）上に載置された第二マスク膜（18，42）  
を形成する工程と、

前記第二マスク膜をパターンングして、第一開口部を形成する工程と、

前記第一開口部（17，22，24，46，48，52）を、第二マスク膜および  
不透明膜に貫通させて、かつ透明基板内に拡大して、透明基板の第一位相シフト領域（2  
5，50）を露出する工程と、

前記第一マスク膜（16，38）を陥没させて第二開口部（24）を形成する工程  
と、前記第二開口部は、第一開口部の外側縁部を越えて延びていることと、

前記第二開口部内の透明基板上に載置された不透明膜の一部を除去して、透明基板のリ  
ム領域（26）を露出する工程と、

前記第一マスク膜および第二マスク膜を除去して、リム位相シフトマスクを形  
成する工程とを含む、リム位相シフトマスクの形成方法。

## 【請求項 2】

透明基板（12，32，62）を提供する工程と、

前記透明基板上に載置された不透明膜（14，34，64）を形成する工程と、

前記不透明膜上に載置されたレジスト膜（16，38，66）を形成する工程と、

前記レジスト膜をパターンングして、第一開口部（22，48，68）を形成する工程  
と、

前記第一開口部を、不透明膜に貫通させて、かつ透明基板内に拡大して、透明基板の第  
一位相シフト領域（25，50，71）を露出する工程と、

前記透明基板上に載置され、かつレジスト膜の下部に存在する不透明膜（14，34，  
64）の一部を陥没させる工程と、

前記不透明膜の一部を陥没させる間、レジスト膜（16，38，66）の一部を陥没さ  
せる工程と、

前記不透明膜の一部を陥没させた後、レジスト膜（16，38，66）を除去して、リ  
ム位相シフトマスクを形成する工程とを含むリム位相シフトマスクの形成方法。

## 【請求項 3】

半導体基板（89）を提供する工程と、

前記半導体基板（89）上にレジスト膜（88）を形成する工程と、

リム位相シフトマスク（84）を提供する工程と、

前記リム位相シフトマスク（84）を介して放射源（81）を半導体基板（89）に照  
射して、レジスト膜（88）上の露光パターンを形成する工程と、を含む半導体デバイ  
スの製造方法であって、前記リム位相シフトマスク（84）は、

透明基板（12，32）を提供する工程と、

前記透明基板上に載置された不透明膜（14，34）を形成する工程と、

前記不透明膜上に載置された第一マスク膜（16，38）を形成する工程と、

前記第一マスク膜上に載置された第二マスク膜（18，42）を形成する工  
程と、

前記第二マスク膜をパターンングして、第一開口部（17，46）を形成する工  
程と、

前記第一開口部（17，22，24，46，48，52）を、第二マスク膜およ  
び不透明膜に貫通させて、かつ透明基板内に拡大して、透明基板の第一位相シフト領域（  
25，50）を露出する工程と、

前記第一マスク膜（図5の16，38）を陥没させて第二開口部を形成する工程

と、前記第二開口部（図5の24）は、第一開口部の外側縁部を越えて延びていることと、

前記第二開口部内の透明基板上に載置された不透明膜の一部を除去して、透明基板のリム領域（26）を露出する工程と、

前記第一マスクング膜および第二マスクング膜を除去して、リム位相シフトマスクを形成する工程とを含む工程により形成される方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に半導体デバイスに関し、より詳細にはリソグラフィーに関する。

10

【背景技術】

【0002】

より狭い領域内により多数のデバイスを機能的に装着して、集積回路の速度を上昇させる目的により、集積回路のフィーチャの寸法は益々小さいものとなっている。ここで克服すべき障害の一つは、手頃な価格にて、レチクルを通過する輝度を有する放射線（例、光）によりフォレジスト膜内に小さいフィーチャの所望パターンを形成すること、即ち、光リソグラフィーと称されるパターン形成を実行するにおける信頼性である。光リソグラフィーは回折限界を有するため、光がレチクル開口を通過する際の現象により、即ち光の拡散（回折）により、最小のフィーチャをフォトレジスト膜にプリントすることが制限される。回折された光が結像光学系に捕捉されない場合、パターン情報が損失されて、フォト

20

レジスト・パターン中に小さいフィーチャを構成し得ない。結像光学系は本来欠陥を含むため、全てのパターン情報を捕捉することは不可能である。それ故、回折を最小限に抑えることが望ましい。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

この問題に対する取り組みの一つとしては、光学位相シフトリソグラフィーがある。この光学位相シフトリソグラフィーでは、パターン化された透明材料を備えたレチクルを使用する。透明材料は、該材料を透過した光の位相を、透明材料を有さない隣接する領域を透過した光の位相に関して180度シフトさせる所定の厚さを有する。その結果得られる

30

緩衝効果により、パターンのコントラスト、解像度およびその他のプロセス・パラメータが向上する。

【0004】

回折を減少させて小さいフィーチャをプリントするために、レチクルの所定部分における光の位相を、レチクルの他の部分に対してシフトさせる光学位相シフトリソグラフィーの多数の異なる取り組みが行われている。マスク型の一つは、渋谷・レベンソン型位相シフトマスク（APSM）があり、このマスクは0～180度の位相シフト領域のみを有する。APSMの主な不都合としては、0～180度の位相シフト領域間の境界において、位相の衝突が発生し、例えば所望パターンの一部ではないライン等、望ましくないプリント・アーティファクト（artifact）が発生し得る。

40

【0005】

別の光リソグラフィーの取り組みの一つにて、相補位相シフトマスク（CPSM）は、APSMにより発生する望ましくない位相衝突効果を、第一（位相シフト）マスクに対する相補的な第二（非位相シフト）マスクを追加することによって防止することを試みている。位相衝突の問題は解消されるが、CPSMは、所望のパターンを形成する2個のマスクを使用するために、サイクル時間、費用および製造の複雑性が増大する。

【0006】

APSMとCPSMの不都合を克服するために、リム位相シフトマスク（RPSM）が使用される。RPSMは、通常クロムからなり、石英基板上に形成された不透明なパターン化領域の縁部に沿って配置されたリムを有する。リソグラフィー・プロセスにてRPS

50

Mを使用すると、不透明のパターン化領域が光を遮蔽するため、該領域の下部に存在する半導体上のフォトレジスト膜領域は現像されない。一般に、リムは、石英基板内のトレンチであり、光を石英基板に関して180度シフトさせて、不透明のパターン化領域のイメージコントラストを増大させ、半導体ウエハ上のフォトレジスト内の対応するフィーチャの解像度とプロセスマージンとを向上させる。

#### 【0007】

RPSMを形成する方法の一つでは、平坦な石英基板上に堆積された未パターン化クロム層上に、フォトレジスト膜を被覆する。第一のフォトレジスト膜をパターン化してマスクとして使用し、まずクロムをエッチングして、その後、石英内をエッチングしてリムを形成する。リムは非常に小さいため（隣接するパターン化クロムのサイズの約10～20%）、石英のエッチングを首尾よく制御することが重要である。リムを形成した後、第一フォトレジスト膜を除去して、クロム層上に第二のフォトレジスト膜を被覆してパターン化する。第二フォトレジスト・パターンをマスクとして使用して、クロム層をエッチングする。第二フォトレジスト膜を石英内のリムに対して整合することにより、石英のリムからクロムがエッチバックされた後に、クロム層の残留部分がリム間に配置される。この方法もまた、二つのリソグラフィ・プロセス（即ち、フォトレジスト・パターン化ステップ）を実行することによって、製造時間およびコストが上昇するため問題を有する。従って、リムをパターン化クロムに対して自己整合して、製造時間とコストとを最小限にする制御可能なRPSM形成方法の必要性が存在している。

10

#### 【課題を解決するための手段】

20

#### 【0008】

本発明を実施例により説明するが、本発明は、同様の符号が同様の要素を示す添付の図面に限定されるものではない。

半導体デバイスを形成する際、レチクルを透過した光が半導体ウエハ上のレジスト（フォトレジスト）膜をパターン化する。レジスト膜上のパターンを向上させるために、リム位相シフトレチクル、即ちリム位相シフトマスク（RPSM）を使用して、レジスト上に照射される際の光のコントラストを増大させ得る。RPSMは、多層膜または一層膜のマスクを用いて不透明膜および透明基板をパターン化して、第一位相シフト領域およびリムを形成することによって形成され得る。本発明の実施形態では、リムは光の位相をシフトさせず、かつ石英基板内にエッチングされない。その代わりに、第一位相シフト領域が、該領域を透過する光をリムに関して180度シフトさせ、かつ透明基板内にエッチングされた陥没部、即ちトレンチにより形成される。リムは、不透明膜を陥没させて形成される。第一位相シフト領域およびリムの双方が、多層膜または一層膜のマスク部分を使用して形成される。

30

#### 【0009】

本発明の第一実施形態は、二層膜マスクを使用して位相シフトマスクを形成する方法に関する。二層膜マスクの頂部膜が透明基板をパターン化し、底部膜を陥没させて（その下部に位置する）不透明膜をエッチングしてリムを形成する。第二実施形態では、三層膜マスクを使用してRPSMを形成する。マスクの頂部膜は、マスクの中間層をパターン化するために使用されて、該中間層は、次にマスクの底部膜と不透明膜とをパターン化するために使用される。底部膜は、透明基板をパターン化するためのマスクである。第三実施形態では、同一の一層膜のフォトレジストを使用して、透明基板と該透明基板上に載置された不透明膜とをエッチングする。各実施形態は、図面を参照にして、より深く理解されるであろう。

40

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0010】

図1～7に、第一実施形態によるRPSMの形成方法を示す。図1に、不透明膜14（例、クロム）上に形成された二層膜マスク20（例、フォトレジストの二層）と、透明基板12（例、石英）とを備えた第一レチクル、即ちRPSM10の一部を示す。一実施形態にて、物理的気相成長法（PVD）により形成された不透明膜14は、（厚さ）約10

50

0 ナノメータのクロムからなる。二層膜マスク 20 は、底部（下部またはパターン）層 16 と、頂部（イメージ）層 18 とを有する。一実施形態にて、底部膜 16 と頂部膜 18 とは、異なるレジスト膜からなる。以下より明らかとなり得るように、図 1 ~ 7 に示す実施形態では、頂部膜 18 をパターン化、即ちイメージ形成する際、底部膜 16 はパターン化されるべきではない。このことを実現する一方法として、パターン化のために二層膜マスク 20 が光または電子源に露光される際の頂部膜 18 の露光感応性を、底部膜 16 の露光感応性よりも高くする。好ましい実施形態では、頂部膜がシランまたはシルセキオキサン（silsequioxane）等のシリコン含有レジスト膜で、底部膜 16 がノボラックベースの材料である場合に、このような状態が達成される。しかしながら、底部膜 16 は、任意のポリマー材料（例、レジスト）、有機材料（例、ポリイミドまたはアモルファスカーボン）、または、任意のポリマー材料、有機材料等からなる頂部膜 18 がパターン化される際にパターン化されない、任意の他の材料であり得る。

10

20

30

40

50

#### 【0011】

図 2 に示すように、頂部膜 18 は公知のリソグラフィ・プロセス、例えば電子ビーム直接書き込み（direct-write）リソグラフィ（EBL）、電子ビームプロジェクションリソグラフィ（EPL）、または任意の他の光リソグラフィパターン形成技術を用いてパターン化される。図面に示す実施形態の断面図において、第一開口部 17 は 2 個の異なる開口部に見えるが、平面図の第一開口部 17 は、頂部膜 18 のパターン化部分 19 の全側面を包囲する矩形をなし、従って 1 個の開口部であると想定される。しかしながら、第一開口部 17 は平面図にて矩形をなす必要はなく、頂部膜 18 をパターン化する任意の他の形状および構成を備え得ることを当業者は理解するであろう。以下に詳細に説明するように、頂部膜 18 および第一開口部 17 に用いられるパターンは、半導体デバイスの製造プロセスの一部としてその次にパターン化される、フォトレジスト膜の所望のパターンに依存する。

#### 【0012】

図 3 に示すように、第一開口部 17 の形成後、底部膜 16 および不透明膜 14 をエッチングして、第一開口部 17 の底部膜 16 および不透明膜 14 内の延長である第二開口部 22 を形成する。換言すれば、頂部膜 18 のパターンを、底部膜 16 および不透明膜 14 に拡大する。一実施形態にて、特に底部膜 16 がレジスト等のポリマー材料からなる場合、酸素系の化学物質を用いて底部膜 16 の一部を除去し、不透明膜が、クロム等のクロム含有材料からなる場合、不透明膜 14 の一部は、塩素と酸素とを含有する化学物質を用いて除去される。底部膜 16 と不透明膜 14 とに対して異なる化学物質が使用されるため、最初に第一開口部 17 は底部膜 16 に対して拡大されて開口が形成され、次に不透明膜 14 がエッチングされて、第二開口部 22 が完成する。簡略化のため、図 3 に、エッチング後に得られる底部膜 16 および不透明膜 14 を示す。

#### 【0013】

第二開口部 22 を頂部膜 18、底部膜 16 および不透明膜 14 内に形成した後、第二開口部 22 によって露出された透明基板 12 部分を除去して、第三開口部 24 を形成する。一般に、頂部膜 18 と透明基板 12 の双方は同一の化学物質によりエッチング可能であるため、頂部膜 18 の残留部分は、透明基板 12 をエッチングする際に除去されるものと想定される。例えば、透明基板 12 が石英で、頂部膜 18 がシリコンナイトライドである場合、フッ素含有化学物質を使用して、透明基板 12 のパターンングと頂部膜 18 の除去とを実行し得る。従って、底部膜 16 は透明基板 12 のエッチングマスクとして使用される。底部膜 16 は頂部膜 18 によりパターン化されるため、プロセスのこの段階において、底部膜 16 は、頂部膜 18 が最初に露出されたときのパターンとほぼ同一のパターンを備えるであろう。（例えば、底部フォトレジスト膜 16 のエッチング中に生じる、製造およびプロセスの変動により、パターンは僅かに異なり得る。）図 4 に示すように、第三開口部 24 が形成される結果、第三開口部 24 の下部に第一位相シフト領域 25 が形成される。

#### 【0014】

第一位相シフト領域 25 は、リソグラフィー・プロセス中、該領域を透過する放射（例、光）の位相をシフトさせる領域である。好ましい実施形態にて、第一位相シフト領域 25 は透明基板 12 の他の領域よりも薄いため、180 度位相シフト領域である。第一位相シフト領域 25 の厚さは、以下の方程式により決定される。

$$d = \lambda / [2(n - 1)]$$

式中、 $d$  は、第一移相シフト領域 25 の厚さであり、 $\lambda$  は、RPSM 10 上に入射する放射の波長であり、 $n$  は、透明基板 12 の屈折率である。第一位相シフト領域 25 は、該領域を透過する放射の位相を、このプロセスの段階では未だに形成されていない、露出された未パターン化の RPSM 領域に関して 180 度シフトさせる。換言すれば、この段階ではリム（第二位相シフト領域）は全く形成されていない。

10

#### 【0015】

リムを形成するには、底部膜 16 をリソグラフィー・プロセスにて光に露出するか、または底部膜 16 を酸素化学物質で当方的にエッチングすることによって、底部膜 16 を側方に陥没させて第三開口部 24 の頂部部分を拡大し、第四開口部 27 を形成する。（また、側方を陥没させるプロセス中、底部膜 16 の厚さが底部膜 16 の側方陥没部の量だけ減少し得る。従って、側方陥没部を形成する前の底部膜 16 の厚さは、このパターン化プロセス中に全底部膜 16 が除去されないように、側方陥没部の所望の量よりも厚いものである必要がある。）従って、第四開口部 27 の境界（外側縁部）は、第三開口部 24 の境界を越えて延びる。換言すれば、第四開口部 27 の幅は、第三開口部 24 の幅よりも大きい。さらに、第四開口部 27 は第三開口部 24 と同心である。底部膜 16 を側方に陥没させると、不透明膜 14 の一部が露出される。図 5 に示すように、底部膜 16 を陥没させる前の底部膜 16 の縁部と不透明膜 14 との縁部とはほぼ同一平面上にあるため、底部膜 16 の陥没量は、露出される不透明膜 14 の量と等しい。

20

#### 【0016】

図 6 に示すように、第四開口部 27 の形成後、不透明膜 14 の露出部分を除去する（陥没させる）。不透明膜 14 がクロム含有材料からなる場合、塩素および酸素を含む化学物質が使用され得る。不透明膜 14 を陥没させた後、不透明膜 14 の縁部と不透明膜 14 の下部の底部膜 16 の縁部とは、同様にほぼ同一平面上に存在する。不透明膜 14 を陥没させた結果露出される透明基板 12 部分が、リム 26（第二位相シフト領域、即ちメサ（段丘）領域）である。好ましい実施形態では、リム 26 は、該リムを透過する光の位相を事実上シフトさせない。第二位相シフト領域 26 の厚さが、屈折率で除算された光の波長の  $K$  倍（ $K$  は整数）とほぼ等しいため、光の位相はシフトされない。第一位相シフト領域 25 からの光と、リム 26 からの光との位相差は 180 度である。それ故、代替的な実施形態では、リム 26 は光を 270 度だけシフトさせる第二位相シフト領域であり、それに対して、第一位相シフト領域 25 は光を 90 度だけシフトさせる。図 6 に示すように、リム 26 は、第一位相シフト領域 25 に隣接して、該領域の両側に存在している。リム 26 に隣接する不透明膜 14 で覆われた領域は、フィールド領域 28 である。

30

#### 【0017】

リム 26 の形成後、一実施形態にて、酸素プラズマを用いたエッチング・プロセスであるアッシュプロセス（ash process）により底部膜 16 を除去する。底部膜 16 を除去した後、第一レチクル 10、即ち第一位相シフトマスクが完成する。図 7 に完成品を示す。以下に明らかになるように、フィールド領域 28 上に形成された不透明膜は、第一レチクル 10 上に入射する放射をほぼ遮蔽し、第一位相シフト領域 25 は、光の位相をリム 26 に関して 180 度だけシフトさせて、リム 26 は透明基板 12 を透過する放射を該放射の光の位相をシフトさせずに透過させて、半導体基板上に形成されたレジスト膜内に小さいフィーチャをパターン化する。

40

#### 【0018】

図 8 ~ 図 13 に、本発明の第二実施形態による位相シフトマスクの形成方法を示す。第二レチクル 30 は、第一レチクル 10 の等価膜（例、透明基板 12 と不透明膜 14）に類似する透明基板 32 と不透明膜 34 とを備えている。図 8 に示すように、底部（マスク）

50

膜 3 8、中間（ハードマスク）膜 4 0 および頂部（マスク）膜 4 2 を有する三層膜スタック 3 6 が、不透明膜 3 4 上に形成されている。底部膜 3 8 と頂部膜 4 2 とは、例えばレジスト（例、ノボラック・ベース材料）等の同一の材料からなり得る。しかしながら、一実施形態にて、底部膜 3 8 と頂部膜 4 2 とは異なる材料からなっていていてもよい（例、底部膜 3 8 がノボラック・ベース材料からなり、頂部膜 4 2 がシリコン含有レジスト膜からなる）。中間層 4 0 は、例えば H S Q（水素シルセキオサン）または酸化ケイ素（ $\text{SiO}_2$ ）等からなるレジスト膜、即ち酸化膜であり得る。中間層 4 0 に選択される材料は、頂部膜 4 2 と底部膜 3 8 の双方に関する露出またはエッチングの選択性を有する必要がある。一実施形態にて、これら膜の厚さは、50 ~ 300 ナノメートルの間にある。より詳細には、頂部膜 4 2 の厚さは、約 50 ナノメートル、底部膜 3 8 の厚さは、約 300 ナノメートル、中間層 4 0 の厚さは、約 50 ~ 300 ナノメートルである。

10

**【0019】**

図 9 に示すように、頂部膜 4 2 をリソグラフィー・プロセスによりパターンニングして第一開口部 4 4 を形成する。第一開口部 4 4 は、中間層 4 0 の一部を露出する。第一開口部 4 4 は、第一実施形態の第一開口部 1 7 と同様、断面図では 2 個存在するように図示されているが、実際には 1 個である。

**【0020】**

図 10 に示すように、第一開口部 4 4 の形成後、中間層 4 0 をエッチングして、第一開口部 4 4 の中間層 4 0 内の延長である第二開口部 4 6 を形成する。中間層 4 0 が酸化ケイ素からなり、底部膜 3 8 がレジストからなる実施形態では、フルオロカーボンを含む化学物質を使用して底部膜 3 8 に対して中間層 4 0 を選択的にエッチングする。

20

**【0021】**

第二開口部 4 6 を形成した後、図 11 に示すように、底部膜 3 8 をエッチングして、第二開口部 4 6 の底部膜 3 8 内の延長である第三開口部 4 8 を形成する。頂部膜 4 2 が底部膜 3 8 と同一材料からなる場合、頂部膜 4 2 は、底部膜 3 8 のパターンニング中に頂部膜 4 2 をエッチングする化学物質に露出されるため、底部膜 3 8 がパターンニング中に頂部膜 4 2 の少なくとも一部が除去される。底部膜 3 8 をパターンニング中に、頂部膜 4 2 を完全に除去するためには、頂部膜 4 2 は、底部膜 3 8 以下の厚さを有する必要がある。好ましい実施形態では、底部膜 3 8 のパターンニング中に頂部膜 4 2 の全部が確実に除去されるために、頂部膜 4 2 は底部膜 3 8 よりもかなり薄くなっている。従って、頂部膜 4 2 を除去するための付加的なプロセスが実行される必要がない。底部膜 3 8 のパターンニング中に頂部膜 4 2 が除去される場合、中間層 4 0 をマスクとして使用して底部膜 3 8 がパターンニングされるように、中間層 4 0 は除去されるべきでない（即ち、エッチング化学物質は中間層 4 0 に関して選択性を有する必要がある）。

30

**【0022】**

別の一実施形態では、頂部膜 4 2 と中間層 4 0 とが共に全体として、底部膜 3 8 をパターンニングするためのマスクとして使用される。底部膜 3 8 をパターンニング中、頂部膜 4 2 は除去されない。しかしながら、頂部膜 4 2 が底部膜 3 8 のパターンニング・マスクとして働く場合、中間層 4 0 は必要なく、（中間層 4 0 の堆積等の）プロセスを最小限にするために、三層スタック 3 6 の代わりに、第一実施形態の方法にて説明した二層スタックが使用されて、製造サイクル時間を低減するべきである。

40

**【0023】**

図 12 に示すように、底部膜 3 8 をパターンニングした後、不透明膜 3 4 と透明基板 3 2 とをエッチングして、元の開口部が不透明膜 3 4 と透明基板 3 2 との内部に延長された第四開口部 5 2 を形成する。材料が同一であり得ることから、第一実施形態で不透明膜 1 4 と透明基板 1 2 とをエッチングするのに使用した化学物質を使用して透明基板 3 2 と不透明膜 3 4 とをエッチングし得る。透明基板 3 2 のエッチング中に中間層 4 0 が除去される。底部膜 3 8 は、透明基板 3 2 がエッチングされる際のマスクとして働くであろう。第一レチクル 1 0 の第一位相シフト領域 2 5 と類似する第一位相シフト領域 5 0 が、第四開口部 5 2 の下部にて形成される。

50

## 【0024】

第二レチクル30の製造を完了させるプロセスは、図5～図7の第一実施形態にて説明したプロセスと同一である。第一位相シフト領域50の形成後、底部膜38を陥没させて第四開口部の頂部を拡大すると、頂部部分（図示されない第五開口部）は、第四開口部と、不透明膜34の一部との境界を越えて延びる境界を有する。次に、図13に示すように、不透明膜34の露出部分が除去されてリム（第二位相シフト領域）54が形成される。その後、一実施形態にて、アッシュプロセスによって底部膜38を除去する。結果として得られた第二レチクル（第二位相シフトマスク）30は、不透明膜34の下部に位置するフィールド領域と、第一位相シフト領域50と、リム54とを有し、これらは第一レチクルの等価領域と類似し、かつ、以下にて詳細に説明するように、全体として半導体ウエハ上に存在する膜のパターンニングに使用される。

10

## 【0025】

図14～19に、本発明の第三実施形態による位相シフトマスクの形成方法を示す。図14に示す第三レチクル60は、透明基板62上に形成された不透明膜64上に載置されたレジスト膜66を有する。一実施形態にて、不透明膜64は、PVDによって形成された（厚さ）約100ナノメートルのクロムからなり、レジスト膜は、スピニング法によって形成された少なくとも約500ナノメートルの、より詳細には約500～700ナノメートルのレジストからなる。透明基板62と不透明膜64は、前述の実施形態の等価膜と類似する。

## 【0026】

図15に示すように、レジスト膜66をパターンニングして、レジスト膜66を貫通して延びて、不透明膜64を露出する第一開口部68を形成する。第一開口部68を形成するには、従来の任意のリソグラフィ・プロセスが使用され得る。前述の実施形態の第一開口部と類似する第一開口部68は、断面図では2個の開口部に見えるが、1個の開口部からなる。レジスト膜をパターンニングして第一開口部68を形成した後、透明基板62上には次のパターンニングのためのレジスト膜は形成されない。

20

## 【0027】

第一開口部68を形成した後、図16に示すように、第一開口部68内の不透明膜64を除去して、レジスト膜66と不透明膜64とを貫通して延びる第二開口部70を形成する。不透明膜64がクロムからなる場合、塩素と酸素とを含有する化学物質を用いて不透明膜64のエッチングを実行し得る。

30

## 【0028】

図17に示すように、一実施形態では、透明基板62内に陥没部（トレンチ）を、フッ素を含有する化学物質を用いてエッチングすることにより形成して、第三開口部72を形成する。透明基板62の部分を薄化することにより、前述の実施形態で形成された第一位相シフト領域と類似する第一位相シフト領域71を形成する。換言すれば、第一位相シフト領域71は、180度位相シフト領域である。

## 【0029】

第一位相シフト領域71を形成した後、レジスト膜66および不透明膜64に対して同時に凹部を形成して、第四開口部73を形成する。開口部73は、第三開口部72と同心であり、かつ開口部72の境界を越えて延びる境界を有する。トレンチ内に存在しない透明基板72の露出された部分は、リム74であり、同リムは第三マスク60内の位相をシフトさせない領域である。リム74は、フィールド領域76上に載置された不透明膜64に隣接する。

40

## 【0030】

第三実施形態では、第一位相シフト領域71とリム74とを形成するのに、一つの（即ち、多層スタックではない）レジスト膜66を使用する。パターンニングプロセス全体においてレジスト膜の相当部分が残留することから、適切なレジスト膜が必要とされる。レジスト膜は約500ナノメートルよりも厚く、約500～700ナノメートルの範囲内にあることがより好ましい。従って、一実施形態では厚いレジスト膜が使用される。先行技術に

50

よる方法では、小さいフィーチャを形成する調整可能なパターン化プロセスの限界を要因として、リム等の小さい寸法をパターンニングする際には、厚いレジスト膜は使用されなかった。しかしながら、本願出願人は、この問題点を、化学物質と、他のエッチングのパラメータとを決定することにより、調整可能に一つのレジスト膜からリムを形成することによって克服した。

#### 【0031】

一実施形態にて、不透明膜64がクロムからなる場合、塩素と酸素の比が7:1~1:1、特に約7:1または約5:1であるエッチングプロセスによって、クロムを陥没させ得る。この化学物質は、厚い一つのレジスト膜66をも陥没させる。厚い一つのレジスト膜66の陥没程度は、クロムを陥没させるために使用される化学物質の厚い一つのレジスト膜66に対する選択性に依存する。好ましい実施形態では、クロムとレジストとの陥没量は、ほぼ等しい。この実施形態では、エッチング化学物質として、1~200sccmの塩素と1~200sccmの酸素とが使用される。アルゴン等の付加的な気体が、塩素および酸素に添加される。一実施形態にて、電源は、少なくとも約200ワットであり、チャンバに付与されるRF(無線周波)バイアスは、約300ワット以下であり得る。一実施形態に使用される圧力は、約1~300ミリトル(mT)で、特に1~100mTである。好ましい実施形態では、35sccm(標準平方cm)の塩素と、9sccmの酸素との流れがエッチング化学物質として使用されて、反応性イオンエッチング(RIE)器具のパラメータとして、圧力10mT、RF15W、電源500Wが使用される。当業者は、ここで使用される電源およびRFのパワーと圧力とは、異なる器具の間で変動し得ることを理解するであろう。リム74を形成した後、厚い一つのレジスト膜66を除去すると、第三レチクル(位相シフトマスク)60が形成される。このマスクは、前述の実施形態により形成された位相シフトマスクと同等に働く。

10

20

#### 【0032】

第一レチクル10、第二レチクル30および第三レチクル60を、半導体デバイス上の層(例、レジスト膜)のパターンニングに使用し得る。図20に、第一レチクル10、第二レチクル30または第三レチクル60であり得るマスク84の露光に使用され得る装置80を示す。装置80は、光源81、コンデンサ系82、マスク84、投影光学系86、および上部にレジスト膜88が載置されたウエハ89を備える。コンデンサ系82は、光源81から発せられた光を受容して、同光を、ウエハ89に付与するパターンを備えたマスク84全体に照射する。マスク84のフィールド領域は、コンデンサ系82から受容した光を遮蔽するため、光は、第一位相シフト領域とリムと(即ち、第一位相シフト領域25, 50, 71、各々レチクル10, 30, 50に対応するリム26, 54, 74)のみを透過する。第一位相シフト領域を透過する光の位相は、リムを透過する光の位相に関して180度シフトされるため、第一位相シフト領域からの光と、リムからの光とが互いに相殺するよう緩衝し得る。第一位相シフト領域からの光と、リムからの光との重複の全てが相殺されることによって、マスク84を用いて露光されるウエハ89上のレジスト88領域間のコントラストが増大する。光がマスク84の部分透過し、かつマスク84の他の部分により遮蔽された後、投影光学系86が光を通過させレジスト88上に集束させることによって、レジスト88は、マスク84上のパターンに従って選択的に露光される。

30

40

#### 【0033】

全実施形態において、第一位相シフト領域とリムとを形成するのに同一のレジスト膜(多層または単層)を使用する。同一のレジスト膜を使用することによって、多大な時間を消費する高価なリソグラフィ・プロセスが排除されて、サイクル時間と製造コストとが低減される。ここに説明した任意の実施形態の他の利点としては、自己整合プロセスによってリムを第一位相シフト領域およびフィールド領域に対して整合して、不整合の可能性を除去する。不整合の可能性を低減することによって、歩留まりを向上させ得る、より確実なプロセスが実現される。上述した実施形態では、作業を低減するために、同一のシステム内でエッチング工程の全てを実行することが可能であり、コストおよび欠陥品の発生が減少する。上述した方法のいくつかは、非常に均質で多様な寸法を備えたリムの製造を

50

も可能にする。換言すれば、全てのリムが同一の寸法を有する必要はない。例えば、異なる寸法を備えたリムを形成するには、複層膜または単層膜のマスクは適切にパターンニングされる必要があるであろう。換言すれば、複層膜または単層膜のマスク内のリムのパターンは、異なる寸法を有するであろう。

【0034】

図示されないが、任意の露出膜（例、レジスト膜）の厚さは、その下部の膜がエッチングされる際に減少され得る。例えば、第三実施形態では、図17において、レジスト膜66の厚さは、透明基板62をエッチングして第一位相シフト領域を形成する際に、元の厚さから約5～10%減少する。

【0035】

上述したプロセスに対する付加的なプロセスも、実行され得る。例えば、上述した任意の開口部を任意のレジスト膜（複層または単層）内に形成した後、酸素プラズマによりDescumプロセスを実行して開口部を研磨して、レジスト膜パターン化プロセスにより発生したレジスト残留物を除去し得る。

【0036】

さらに、不透明膜は、リム形成のパターンニングの際に損傷を受け得る。この損傷を防止するために、不透明層を陥没させてリムを形成する前に、背部露光によりレジスト膜（複層または単層）をパターンニングしてもよい。この工程は、第三実施形態にて使用される可能性が最も多いであろう。

【0037】

前述の説明にて、特定の実施形態を参照に本発明を説明してきた。しかしながら、当業者は、特許請求の範囲に定義された本発明の範囲から逸脱せずに、様々な変更および改良を為し得ることを理解するであろう。従って、明細書中の説明および図面は、例示を目的とするものであり、本発明を限定することを意図するものではない。このような全ての変更は、本発明の範囲内に包含されるものとする。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の第一実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図2】本発明の第一実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図3】本発明の第一実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図4】本発明の第一実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図5】本発明の第一実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図6】本発明の第一実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図7】本発明の第一実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図8】本発明の第二実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図9】本発明の第二実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図10】本発明の第二実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図11】本発明の第二実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図12】本発明の第二実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図13】本発明の第二実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図14】本発明の別の実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図15】本発明の別の実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図16】本発明の別の実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図17】本発明の別の実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図18】本発明の別の実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図19】本発明の別の実施形態により形成されたリム位相シフトマスクの断面図。

【図20】図1～19に示した多様な実施形態により形成された任意のリム位相シフトマスクを用いて半導体ウエハ上に形成される、フォトリソ膜のパターン化方法を示す図。

。

10

20

30

40

【 図 1 】

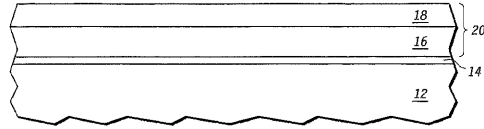


FIG.1 10

【 図 2 】

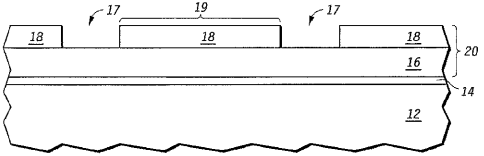


FIG.2 10

【 図 3 】

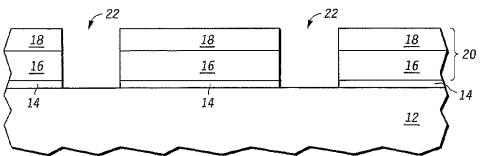


FIG.3 10

【 図 4 】

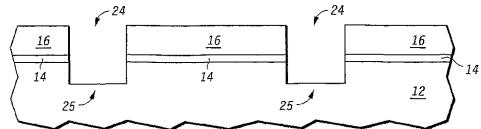


FIG.4 10

【 図 5 】

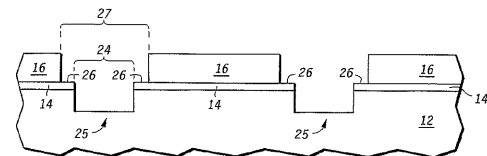


FIG.5 10

【 図 6 】

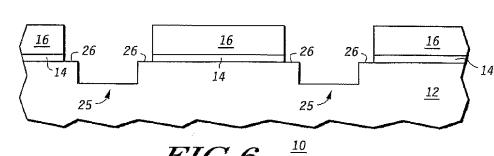


FIG.6 10

【 図 7 】

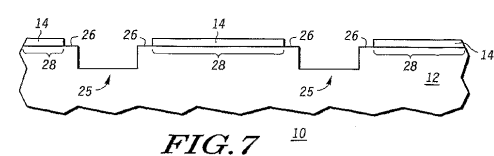


FIG.7 10

【 図 8 】

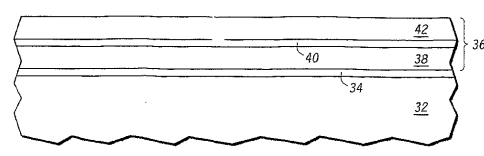


FIG.8 30

【 図 11 】

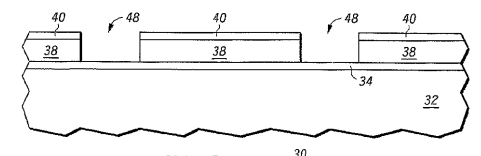


FIG.11 30

【 図 9 】

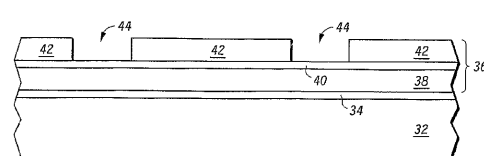


FIG.9 30

【 図 12 】

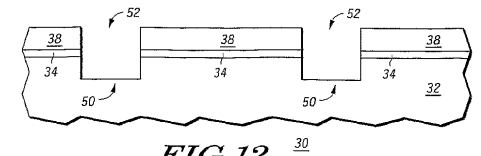


FIG.12 30

【 図 10 】

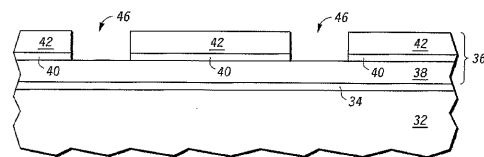


FIG.10 30

【 図 13 】

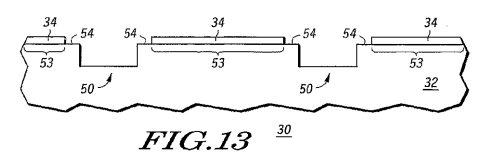


FIG.13 30

【 図 14 】

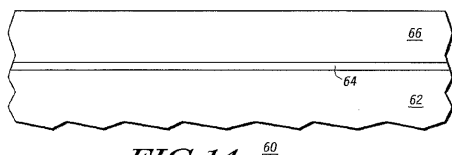


FIG.14 60

【図15】

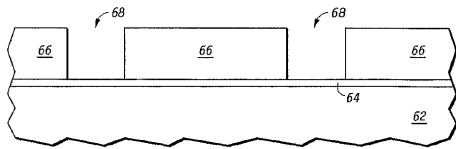


FIG.15 60

【図16】

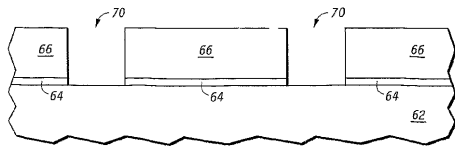


FIG.16 60

【図17】

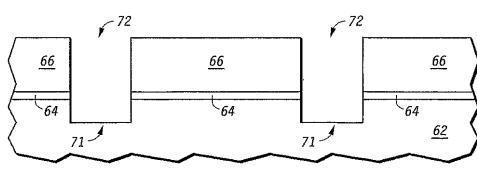


FIG.17 60

【図18】

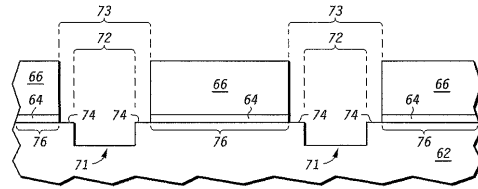


FIG.18 60

【図19】

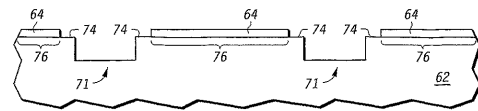
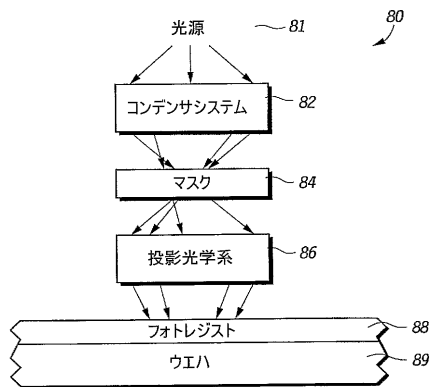


FIG.19 60

【図20】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/US 03/15590

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G03F1/00 G03F7/09		
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 G03F		
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, WPI Data, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 595 750 A (IBM) 4 May 1994 (1994-05-04) column 7, line 38 -column 8, line 1; figures 4A,4B	1, 10
X	US 6 007 324 A (LIN SHY-JAY ET AL) 28 December 1999 (1999-12-28) column 5, line 6 -column 7, line 22; figures 3-10	8, 9
Y	---	1-7, 10
Y	US 5 126 006 A (CRONIN JOHN E ET AL) 30 June 1992 (1992-06-30) column 1, line 9-20 column 2, line 30 - line 54; figures 2-14 column 4, line 23 -column 8, line 34	1-4, 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		*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
*E* earlier document but published on or after the international filing date		*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
*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)		*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.
*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		*Z* document member of the same patent family
*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 15 December 2003	Date of mailing of the international search report 13/01/2004	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Müller-Kirsch, L	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/US 03/15590

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 302 477 A (RODRIGUEZ RUBEN A ET AL) 12 April 1994 (1994-04-12) column 10, line 14 - line 62; figures 16-20 ---	1
Y	THOMPSON: "Introduction to Microlithography" 1983, AMERICAN CHEMICAL SOC., ACS SYMPOSIUM SERIES VOL. 219, WASHINGTON, USA XPO02263495 page 311, line 6 -page 314, line 44; figures 19,20 ---	5-7
A	EP 0 567 419 A (IBM) 27 October 1993 (1993-10-27) column 4, line 50 -column 5, line 17 & JP 06 019116 A (INTERNATL BUSINESS MACH CORP&LT; IBM&GT) 28 January 1994 (1994-01-28) figure 9 -----	1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US 03/15590

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
  
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
  
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US 03 /15590

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. Claims: 1-7, 10

The invention describes a fabrication method for rim phase shifting masks using a multiple resist layer having at least two resist layers with a high etch selectivity at least in one process step.

2. Claims: 8,9

The invention describes a second fabrication method for rim phase shifting masks using single resist layer which is partially removed when the opaque layer is removed.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 03/15590

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 0595750	A	04-05-1994	US 5403682 A	04-04-1995
			EP 0595750 A1	04-05-1994
			JP 2540011 B2	02-10-1996
			JP 6266096 A	22-09-1994
US 6007324	A	28-12-1999	NONE	
US 5126006	A	30-06-1992	US 5213916 A	25-05-1993
			JP 2538728 B2	02-10-1996
			JP 6342206 A	13-12-1994
			US 5334467 A	02-08-1994
US 5302477	A	12-04-1994	GB 2269915 A ,B	23-02-1994
			JP 6289594 A	18-10-1994
			US 5348826 A	20-09-1994
			US 5384219 A	24-01-1995
			US 5700602 A	23-12-1997
			US 5789118 A	04-08-1998
EP 0567419	A	27-10-1993	EP 0567419 A2	27-10-1993
			JP 6019116 A	28-01-1994

---

 フロントページの続き

(81) 指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, 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, PT, 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, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, 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, M X, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 ウー、ウェイ イー。

アメリカ合衆国 78759 テキサス州 オースティン ヨーボン ドライブ 7701

(72) 発明者 ロマン、バーナード ジェイ。

アメリカ合衆国 78731 テキサス州 オースティン モンテ ビスタ ドライブ 3431

(72) 発明者 マンガト、パンウィッター ジェイ. エス。

アメリカ合衆国 85234 アリゾナ州 ギルバート イー. エンシナス アベニュー 3688

(72) 発明者 ノードキスト、ケビン ジェイ。

アメリカ合衆国 85236 アリゾナ州 ヒグリー イー. オリーブ アベニュー 4458

(72) 発明者 ドークシャー、ウィリアム ジェイ。

アメリカ合衆国 85205 アリゾナ州 メサ イースト ヘイル ストリート 4265

Fターム(参考) 2H095 BB03 BB14 BB25 BC09 BC28

2H097 LA10