

(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2009-529784

(P2009-529784A)

(43) 公表日 平成21年8月20日(2009.8.20)

(51) Int.Cl.

H01L 21/305 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)

H01L 21/306 (2006.01)

F 1

H01L 21/302 105A

H01L 21/30 570

H01L 21/306 D

H01L 21/306 S

テーマコード(参考)

5FO04

5FO43

5FO46

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2008-558345 (P2008-558345)  
 (86) (22) 出願日 平成19年3月5日 (2007.3.5)  
 (85) 翻訳文提出日 平成20年11月7日 (2008.11.7)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2007/005639  
 (87) 國際公開番号 WO2007/103343  
 (87) 國際公開日 平成19年9月13日 (2007.9.13)  
 (31) 優先権主張番号 11/372,825  
 (32) 優先日 平成18年3月9日 (2006.3.9)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

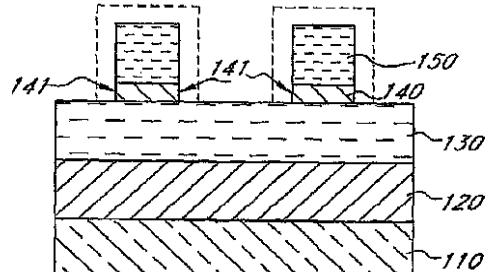
(71) 出願人 595168543  
 マイクロン テクノロジー, インク.  
 アメリカ合衆国, アイダホ州 83716  
 -9632, ボイズ, サウス フェデ  
 ラル ウエイ 8000  
 (74) 代理人 100106851  
 弁理士 野村 泰久  
 (74) 代理人 100074099  
 弁理士 大菅 義之  
 (72) 発明者 アベチエフ, マーザファー ケー.  
 アメリカ合衆国, アイダホ州 83716  
 , ボイズ, サウス マングローブ ブレイ  
 ス 6349

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】集積回路の限界寸法を制御するトリム工程

## (57) 【要約】

集積回路の限界寸法を制御するために、トリム工程を使って基板を蝕刻する方法を開示する。或る実施形態では、本蝕刻方法には、対象層(120)の上に第一のハードマスク層(130)を設けるステップと、第一のハードマスク層(130)の上に第二のハードマスク層(140)を設けるステップと、第二のハードマスク層(140)の上にフォトレジスト層(150)を設けるステップと、



フォトレジスト層(150)を設けるステップと、フォトレジスト層(150)にパターンを形成するステップと、このパターンを第二のハードマスク層(140)へと転写するステップと、第二のハードマスク層(140)をその上面にフォトレジスト層(150)を載せたままトリムするステップと、が含まれる。トリム蝕刻の間は、第二のハードマスク層(140)の上面はフォトレジスト(150)で保護され、対象層(120)はその上に在るハードマスク層(130)で保護されるので、強作用なトリム蝕刻が可能である。

【選択図】図1D

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

集積回路のための蝕刻方法であって、  
対象層の上に、第一のハードマスク層を設けるステップと、  
前記第一のハードマスク層の上に、第二のハードマスク層を設けるステップと、  
前記第二のハードマスク層の上に、レジスト層を設けるステップと、  
前記レジスト層にパターンを形成するステップと、  
前記パターンを、前記第二のハードマスク層へと転写するステップと、  
前記第二のハードマスク層を、前記第二のハードマスク層の上面に前記レジスト層を  
載せたままトリムするステップと  
を含む、方法。

10

**【請求項 2】**

前記対象層が、  
絶縁体、半導体、および金属からなる群から選択される材料  
を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 3】**

前記第一のハードマスク層が、非晶質炭素層を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 4】**

前記第一のハードマスク層が、有機下地層を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 5】**

前記第一のハードマスク層の厚さが、約200 から約20,000 の範囲である、請求項1記  
載の方法。

20

**【請求項 6】**

前記第一のハードマスク層のアスペクト比が、約20:1未満である、請求項1記載の方法  
。

**【請求項 7】**

前記第二のハードマスク層が、無機層を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 8】**

前記無機層が、反射防止絶縁膜(DARC)を含む、請求項7記載の方法。

**【請求項 9】**

前記無機層が、  
酸窒化珪素、酸化珪素、もしくは窒化珪素からなる群から選択される材料  
を含む、請求項7記載の方法。

30

**【請求項 10】**

前記第二のハードマスク層が、珪素含有有機層を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 11】**

前記第二のハードマスク層の厚さが、約50 から約1,000 の範囲である、請求項1記載  
の方法。

**【請求項 12】**

前記レジストが、  
157nmフォトレジスト、193nmフォトレジスト、および248nmフォトレジストからな  
る群から選択されるフォトレジスト  
を含む、請求項1記載の方法。

40

**【請求項 13】**

前記パターンを前記第二のハードマスク層へと転写するステップが、  
異方性蝕刻工程を用いるステップ  
を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 14】**

前記異方性蝕刻工程を用いるステップが、  
弗化炭素を用いたプラズマを使うステップ

50

を含む、請求項13記載の方法。

【請求項 15】

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、

前記第二のハードマスク層の特徴的構造の巾を、約10 以上縮めるステップを含む、請求項1記載の方法。

【請求項 16】

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、

前記第二のハードマスク層を、前記レジスト層および前記第一のハードマスク層に對して選択的に蝕刻するステップ

を含む、請求項1記載の方法。

10

【請求項 17】

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、

前記第二のハードマスク層を、前記第一のハードマスク層の蝕刻速度の約一倍から千倍までの速度で蝕刻するステップ

を含む、請求項1記載の方法。

【請求項 18】

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、

前記第二のハードマスク層を、秒あたり約1 から10 までの速度で蝕刻するステップ

を含む、請求項1記載の方法。

20

【請求項 19】

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、

前記第二のハードマスク層を等方性蝕刻するステップを含む、請求項1記載の方法。

【請求項 20】

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、

前記第二のハードマスク層をプラズマで蝕刻するステップを含む、請求項1記載の方法。

【請求項 21】

前記プラズマが、弗素含有プラズマを含む、請求項20記載の方法。

30

【請求項 22】

前記プラズマが、

$NF_3$  を用いたプラズマ、および  $SF_6$  を用いたプラズマからなる群から選択されるプラズマ

を含む、請求項21記載の方法。

【請求項 23】

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、

湿式蝕刻工程を使うステップ

を含む、請求項1記載の方法。

【請求項 24】

前記湿式蝕刻工程を使うステップが、

緩衝酸化物蝕刻工程を使うステップ

を含む、請求項23記載の方法。

40

【請求項 25】

前記緩衝酸化物蝕刻工程が、

$HF$  、  $NH_4F$  、および  $H_2O$  を含む蝕刻剤を使うステップ

を含む、請求項24記載の方法。

【請求項 26】

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを、前記第一のハードマスク層へと転写するステップ

50

をさらに含む、請求項1記載の方法。

【請求項 27】

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

高密度プラズマ蝕刻工程を用いるステップ  
を含む、請求項26記載の方法。

【請求項 28】

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

前記第一のハードマスク層を、前記第二のハードマスク層の蝕刻速度の約五倍以上  
の速度で蝕刻するステップ

を含む、請求項27記載の方法。

【請求項 29】

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

前記第一のハードマスク層を、硫黄および酸素を用いたプラズマを使って蝕刻する  
ステップ

を含む、請求項26記載の方法。

【請求項 30】

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

流量10sccmから75sccmの範囲で二酸化硫黄を処理室に流し入れるステップ  
を含む、請求項29記載の方法。

【請求項 31】

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

流量20sccmから60sccmの範囲で二酸化硫黄を処理室に流し入れるステップ  
を含む、請求項30記載の方法。

【請求項 32】

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

流量10sccmから100sccmの範囲で酸素を前記処理室に流し入れるステップ  
をさらに含む、請求項30記載の方法。

【請求項 33】

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

アルゴンを前記処理室に流し入れるステップ  
をさらに含む、請求項30記載の方法。

【請求項 34】

底部反射防止膜(BARC)層を、前記第二のハードマスク層の上に設けるステップ  
をさらに含む、請求項1記載の方法。

【請求項 35】

前記底部反射防止膜層の厚さが、約200から約500の範囲である、請求項34記載の  
方法。

【請求項 36】

前記集積回路の装置が、メモリを含む、請求項1記載の方法。

【請求項 37】

前記集積回路の装置が、マイクロプロセッサを含む、請求項1記載の方法。

【請求項 38】

前記レジスト層が、インプリントリソグラフィレジストを含む、請求項1記載の方法。

10

20

30

40

50

**【請求項 39】**

集積回路用のマスキング構造体であって、

対象層の上につくられた、第一のハードマスク層と、

前記第一のハードマスク層の上につくられ、且つ前記第一のハードマスク層を蔽うように構築されたマスキング部位を具えたパターンを有する、第二のハードマスク層と、

前記第二のハードマスク層の上につくられ、且つ前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位に対応したマスキング部位を具えたパターンを有する、レジスト層とを含み、ここで、

前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位の露出した側面の各々の平均粗さが、  
50 rms未満である

ことを特徴とする、マスキング構造体。

**【請求項 40】**

前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位の露出した側面の各々の平均粗さが、約10 rmsから約50 rmsの範囲である、請求項39記載のマスキング構造体。

**【請求項 41】**

前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位の巾が、前記レジスト層の前記対応するマスキング部位の巾とほぼ等しい、請求項39記載のマスキング構造体。

**【請求項 42】**

前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位の巾が、前記レジスト層の前記対応するマスキング部位の巾よりも狭い、請求項39記載のマスキング構造体。

**【請求項 43】**

前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位の前記露出した側面の各々が、前記レジスト層の下に5 以上奥まっている、請求項42記載のマスキング構造体。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、集積回路組立の分野に関し、特に、集積回路の限界寸法を制御するトリム工程に関する。

**【背景技術】****【0002】**

半導体産業のもとで、集積回路（IC）装置の高速化・小型化・効率向上が進められてきた。この傾向は、チップ上の集積回路密度を上げる組立技術の発展にしたがい継続中である。

**【0003】**

限界寸法（critical dimension; CD）を縮めることは、集積回路密度の向上にかかわる重要な点のひとつである。限界寸法とは、半導体装置の製造中に形成できる寸法的に最小な特徴的構造（フィーチャ）の大きさ（相互接続線や接点や溝の巾、など）のことである。部品の小型化と、回路の高速化・効率化を促進するには、限界寸法の縮小が欠かせない。

**【0004】**

CDを縮小するには、短波長の光を使った光刻法（フォトリソグラフィ）を用いるやりかたがある。しかし光の波長を短くするにつれて、フォトレジスト材料は光を通さなくなつてゆく。つまり現行の光刻技術では、CDの縮小に限度があるのである。

**【0005】**

CDを縮小する別のやりかたとしては、フォトレジストパターンを、該パターンを光刻工程によって形成した後に、蝕刻工程でトリムするか縮める、というものがある。トリム工程が使われる原因是通常、特徴的構造の端部の粗を取ったり、特徴的構造の大きさを縮めたり、かつ／あるいは、特徴的構造間の間隔を拡げたりするためである。しかし、小さいCDを有する下地層もしくは下部構造を蝕刻する場合に、そうしたフォトレジストだけを使っていると何かと問題が起きてしまいがちである。基板を深く蝕刻して小型の特徴的構造を

10

20

30

40

50

劃定しようとすると、蝕刻工程が完了する頃にはフォトレジストパターンが蝕刻によって変化してしまっている。すると、所望のパターンの外にまで基板が蝕刻されてしまう。蝕刻が悪いと、装置の性能に欠陥が生じたり、歩留りが悪くなったりする可能性がある。こうした問題を回避するため、ハードマスクを使って、パターンをフォトレジストから基板へと転写することが行われてきた。

#### 【0006】

CDを縮小するためのなおも別のやりかたとしては、フォトレジストからパターンを転写した後であって且つそのパターンを基板に転写する前の時点で、蝕刻工程によってハードマスクを縮小もしくはトリムすることがある。しかしながらこのやりかたに問題がないわけではない。ハードマスクのパターン巾を縮めると、ハードマスクの厚みもまた縮みうる。U.S. Patent No. 6,420,097には、フォトレジストの下に選択的にハードマスクを奥まらせて設ける工程が示されている。しかし、ハードマスクを縮める際には、そのハードマスクの下地である目的とする基板もしくは層もまた、ハードマスクの開口部を介してハードマスク蝕刻剤を浴びることになってしまふ。この問題により、強作用蝕刻工程をCD縮小に使えなくなってしまっている。さらには、この工程では、奥まらせることが可能であるような特定の材料しか使えないという制限があり、ひいては所望の寸法からの逸脱まで起こしてしまふ可能性がありえる。

10

#### 【発明の開示】

#### 【0007】

本発明の或る特徴として、集積回路のための蝕刻方法が開示される。本方法には、対象層の上に第一のハードマスク層を設けるステップと、第一のハードマスク層の上に第二のハードマスク層を設けるステップと、第二のハードマスク層の上にフォトレジスト層を設けるステップと、フォトレジスト層にパターンを形成するステップと、パターンを第二のハードマスク層へと転写するステップと、フォトレジスト層を上面に載せたまま第二のハードマスク層をトリムするステップと、が含まれる。

20

#### 【0008】

上記の方法では、対象層に絶縁体、半導体、および金属からなる群から選択される材料を含めてもよい。第一のハードマスク層には非晶質炭素層を含めてもよい。第一のハードマスク層には有機下地層を含めてもよい。第一のハードマスク層の厚さは、約200 から約20,000 の範囲にできる。第一のハードマスク層のアスペクト比は、約20:1未満にできる。

30

#### 【0009】

上述した方法では、第二のハードマスク層が、無機層を含んでもよい。無機層は、反射防止絶縁膜(DARC)を含んでもよい。無機層は、酸窒化珪素、酸化珪素、もしくは窒化珪素からなる群から選択される材料を含んでもよい。第二のハードマスク層が、珪素含有有機層を含んでもよい。第二のハードマスク層の厚さは、約50 から約1,000 の範囲にできる。本方法では、フォトレジスト層が、13.5nmフォトレジスト、157nmフォトレジスト、193nmフォトレジスト、および248nmフォトレジストからなる群から選択されるフォトレジストを含んでもよい。

40

#### 【0010】

上述した方法では、パターンを第二のハードマスク層へと転写するステップが、異方性蝕刻工程を用いるステップを含んでもよい。この異方性蝕刻工程を用いるステップが、弗化炭素を用いたプラズマを使うステップを含んでもよい。本方法では、第二のハードマスク層をトリムするステップが、第二のハードマスク層の特徴的構造の巾を、約10 以上縮めるステップを含んでもよい。本方法では、第二のハードマスク層をトリムするステップが、その第二のハードマスク層の特徴的構造の巾を約10 以上縮めるステップを含んでもよい。第二のハードマスク層をトリムするステップが、その第二のハードマスク層をフォトレジスト層および第一のハードマスク層に対して選択的に蝕刻するステップを含んでもよい。第二のハードマスク層をトリムするステップが、その第二のハードマスク層を、第一のハードマスク層の蝕刻速度の約一倍から千倍までの速度で蝕刻するステップを含んで

50

もよい。第二のハードマスク層をトリムするステップが、その第二のハードマスク層を秒あたり約1 から10 までの速度で蝕刻するステップを含んでもよい。

#### 【0011】

本方法では、第二のハードマスク層をトリムするステップが、その第二のハードマスク層を等方性蝕刻するステップを含んでもよい。第二のハードマスク層をトリムするステップが、その第二のハードマスク層をプラズマで蝕刻するステップを含んでもよい。こうしたプラズマが、弗素含有プラズマを含んでもよい。またこうしたプラズマが、 $NF_3$  を用いたプラズマ、および  $SF_6$  を用いたプラズマからなる群から選択されるプラズマを含んでもよい。あるいは別の手法として、第二のハードマスク層をトリムするステップが、湿式蝕刻法を使うステップを含んでもよい。こうした湿式蝕刻法を使うステップが、緩衝酸化物蝕刻法を使うステップを含んでもよい。こうした緩衝酸化物蝕刻法を使うステップが、 $HF$  、  $NH_4F$  、および  $H_2O$  を含む蝕刻剤を使うステップを含んでもよい。

10

#### 【0012】

上述した方法には、第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを第一のハードマスク層へと転写するステップ、をさらに含めてもよい。第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを第一のハードマスク層へと転写するステップは、高密度プラズマ蝕刻工程を用いるステップを含んでもよい。第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを第一のハードマスク層へと転写するステップが、第一のハードマスク層を、第二のハードマスク層の蝕刻速度の約五倍以上の速度で蝕刻するステップ、を含んでもよい。第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを第一のハードマスク層へと転写するステップが、その第一のハードマスク層を、硫黄および酸素を用いたプラズマを使って蝕刻するステップ、を含んでもよい。第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを第一のハードマスク層へと転写するステップが、流量10sccmから75sccmの範囲で二酸化硫黄を処理室に流し入れるステップ、を含んでもよい。第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを第一のハードマスク層へと転写するステップが、流量20sccmから60sccmの範囲で二酸化硫黄を処理室に流し入れるステップ、を含んでもよい。第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを第一のハードマスク層へと転写するステップが、流量10sccmから100sccmの範囲で酸素を処理室に流し入れるステップ、をさらに含めてもよい。第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを第一のハードマスク層へと転写するステップが、アルゴンを処理室に流し入れるステップ、をさらに含んでもよい。

20

#### 【0013】

上述した方法には、底部反射防止膜(BARC)層を第二のハードマスク層の上につくるステップ、をさらに含めてもよい。この底部反射防止膜層の厚さは、約200 から約500 の範囲にできる。

#### 【0014】

本発明の別の特徴として、集積回路を製造するための方法が開示される。この方法には、基板の上に第一のハードマスクを設けるステップと、第一のハードマスクの上に第二のハードマスクを設けるステップと、パターンを具えたレジストを第二のハードマスクの上に設けるステップと、レジストのパターンを使って第二のハードマスクを異方性蝕刻するステップと、第二のハードマスクの上面に載ったレジストを使って第二のハードマスクを等方性蝕刻するステップと、が含まれる。

40

#### 【0015】

本方法では、集積回路の装置が、メモリを含んでもよい。集積回路の装置は、マイクロプロセッサを含んでもよい。レジスト層が、フォトレジストおよびインプリントリソグラフィレジストからなる群から選択される材料を含んでもよい。

#### 【0016】

本発明の別の特徴として、集積回路装置の限界寸法を制御するためのトリム工程が開示される。こうしたトリム工程には、基板上に第一のハードマスクを設けて、パターンを具えた第二のハードマスクの下に第一のハードマスクが来るようによることで、トリム工程

50

中に基板を保護するステップと、レジストを第二のハードマスクの上面に設けることで、トリム工程中に第二のハードマスクの上面を保護するステップと、が含まれる。

#### 【0017】

本発明のなおも別の特徴として、集積回路用のマスキング構造体（保護構造体）が開示される。こうした保護構造体には、対象層の上につくられた第一のハードマスク層と、第一のハードマスク層の上につくられ且つ第一のハードマスク層を蔽うように構築されたマスキング部位（保護部位）を具えたパターンを有する第二のハードマスク層と、第二のハードマスク層の上につくられ且つ第二のハードマスク層のマスキング部位に対応したマスキング部位を具えたパターンを有するレジスト層と、が含まれる。このマスキング構造体では、第二のハードマスク層のマスキング部位の露出した側面の各々の平均粗さが、50 rms未満であってもよい。また、第二のハードマスク層のマスキング部位の露出した側面の各々の平均粗さが、約10 rmsから約50 rmsの範囲であってもよい。10

#### 【0018】

上述したマスキング構造体では、第二のハードマスク層のマスキング部位の巾が、レジスト層の対応するマスキング部位の巾とほぼ等しくなってもよい。別の手法として、第二のハードマスク層のマスキング部位の巾が、レジスト層の対応するマスキング部位の巾よりも狭くなってもよい。また、第二のハードマスク層のマスキング部位の露出した側面の各々が、レジスト層の下で5 以上奥まってもよい。

#### 【0019】

本発明のなおも別の特徴として、集積回路の製造方法が開示される。本方法には、上述したマスキング構造体を、添加法、酸化法、窒化法、および選択的堆積法からなる群から選択される工程に使用するステップが含まれる。20

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0020】

本文書の文脈では、「半導体基板」（"semiconductor substrate"）という語は、半導体材料を有する任意の構造物を意味すると定義する。こうした半導体材料としては、バルク半導体材料（半導体ウェハなど；単独でもよいし他の材料と組み合わせた部材であってもよい）、ならびに、半導体材料層（単独でもよいし他の材料と組み合わせた部材であってもよい）が含まれるが、これらに限定はされない。「基板」（"substrate"）という語は任意の支持物を指し、上述した半導体基板を含むがそれに限定はされない。本文書の文脈ではまた、「層」（"layer"）という語が、特に他に定めないかぎり、単数形と複数形のどちらも包摂している。本明細書では、「有機」（"organic"）という語は、炭素および炭素含有材料を指し、ゆえに非晶質炭素も含み、ひいてはフォトレジストも含んでいる。また本明細書では、「硫黄酸化物」（"sulfur oxide"）とは、硫黄と酸素の組み合わせから本質的に成る任意の化合物（例えば二酸化硫黄）を指す。30

#### 【0021】

「対象層」（"target layer"）という語は、本明細書では、その上に被せたハードマスクにつくったパターンに応じて、半導体の装置、構成部、もしくは部品が形成されるかまたは処理される層のことを指す。対象層は上述した半導体基板の一部であってもよい。対象層は、金属、半導体、および／もしくは絶縁体から作成できる。こうした対象層には、集積回路装置の一部（メモリやマイクロプロセッサなど）を形成できる。ここでは好ましい実施形態として、ハードマスクパターンを対象層へと転写することといった、ハードマスクを介して「処理」を施すことを記載してはいる。だが当業者は、他の実施形態群での処理が、例えば、ハードマスクを介しての酸化法、窒化法、選択的堆積法、添加法などを含むことが可能である、と理解できる。40

#### 【0022】

「トリムする」（"trimming"）という語は、本明細書では、層の粗さを横方向（基板の面に平行な方向； lateral direction）に整えることか、または、層に在る特徴的構造の巾を横方向に縮めることを指す。この語は「縮める」（"shrinking"）と同義に使っている。50

## 【0023】

パターンを第一のレベル(平面)から第二のレベルへと転写するステップには、第一のレベルに在る特徴的構造にほぼ対応した特徴的構造を、第二のレベルにつくるステップが包含される、ということが当業者には正しく理解できる。例えば、第二のレベルに在る線路は、第一のレベルに在る線路をだいたいなぞることになる。ならびに、第二のレベルに在る他の特徴的構造の位置も、第一のレベルの同様の特徴的構造の位置に応じることになる。とは云え、トリム工程と成長工程を経るので、特徴的構造の正確な形状および大きさが、第一のレベルから第二のレベルに写るときに変わることがある。例えば、転写されたパターンをつくりだす特徴的構造の大きさと、特徴的構造同士の相対的間隔を、蝕刻化合物(etch chemistries)と条件に依って、第一のレベルに在るパターンに較べて拡げたり縮めたりでき、しかもその転写されたパターンは、同じ当初の「パターン」に似た状態のままとなる。

10

## 【0024】

## 〔蝕刻工程の概要〕

図1Aから図1Fには、本発明の或る実施形態にかかる、集積回路のための蝕刻方法を図解してある。図1Aでは、対象層120を基板110の上に設けている。その後、第一のハードマスク層130を対象層120の上に設ける。第二のハードマスク層140を、第一のハードマスク層130の上に設ける。第二のハードマスク層140は、第一のハードマスク層130よりも薄いのが好ましい。加えて、第二のハードマスク層140をつくる材料は、第一のハードマスク層130の材料とは異なる。最後にフォトレジスト層150を第二のハードマスク層140の上に設ける。

20

## 【0025】

図1Bでは、従来の光刻技術などのリソグラフィ法を使って、パターンをフォトレジスト層150に形成している。その後にこのパターンを、蝕刻工程を用いて第二のハードマスク層140へと転写する(図1C参照)。そうしてから等方性蝕刻工程を施して、第二のハードマスク層140の上面にフォトレジスト層150を載せたまま、第二のハードマスク層140をトリムする言い換えれば縮める(図1D参照)。

20

## 【0026】

続いて、第二のハードマスク層140に在るパターンを、第一のハードマスク層130へと転写する(図1E参照)。或る実施形態においては、SO<sub>2</sub>を用いたプラズマ乾式現像蝕刻(dry develop etch; DDE)を使って、第一のハードマスク層130にパターンを転写できる。乾式現像蝕刻法を用いて第一のハードマスク層130を蝕刻して、対象層120を蝕刻するためのハードマスクをつくりだす。次に、示した実施形態では、第一のハードマスク層130を使って対象層120を処理する(図1F参照)。蝕刻した第二のハードマスク層140は、(図示したように)適所に残しておいてもよいし、あるいは、ハードマスクを介して対象層120を処理する前に除去してもかまわない。上述した工程の各々について、以下に詳細を述べてゆく。

30

## 【0027】

## 〔ハードマスク層の作成〕

図1Aには、或る実施形態に応じて、これから作成する集積回路(IC)の部分100を示してある。基板110は部分100の底に置かれる。示した実施形態では、基板110は珪素(シリコン)基板である。他の実施形態群では、基板110を別の種類の半導体材料からつくってもよい。

40

## 【0028】

対象層120を基板100の上につくる。この対象層120には、IC製造工程を経て、ICの種々の構成部、部品、および構造体がつくられることになる。こうした構成部、部品、および構造体の例としては、トランジスタ、キャパシタ、抵抗、ダイオード、導電線、電極、スペーサー、溝、などがある。対象層の材料の種類は、対象層120につくろうとする装置の種類に応じて変わってくる。対象層の材料の例としては、絶縁体、半導体、および金属があるが、これらに限定はされない。

50

## 【0029】

第一のハードマスク層 130 を、対象層 120 の上につくる。第一のハードマスク層 130 は、処理（蝕刻など）にかけようとする構造体の上に在る。第一のハードマスク層 130 によりパターンがつくられ、このパターンを対象層 120 へと転写することになる。第一のハードマスク層 130 は、有機材料からつくることができる。示した実施形態では、第一のハードマスク層 130 を非晶質炭素からつくる。好ましい非晶質炭素の種類は、下地層への光配向が容易な無色透明な炭素である。第一のハードマスク層 130 は厚いほうが好ましいので、不透明な膜では光配向を妨げてしまうと考えられる。

## 【0030】

他の実施形態群においては、第一のハードマスク層 130 を、重合材料からつくってもよい。こうした重合材料を、フォトレジスト下地層として使ってもかまわない。この重合材料は、従来のフォトレジストに比して炭素成分が多い有機材料であるのが好ましい。こうした重合材料の例は、U.S. 6,890,448に開示されており、この文献は参照により本開示に含まれる。または、重合材料が、AR系列反射防止材 (Shipley Company, Marlborough, MA から市販されている) であってもよい。

10

## 【0031】

第一のハードマスク層 130 を充分に厚くして、対象層 120 の処理を向上できるようになるのが好ましい。第一のハードマスク層 130 の厚さは、約200 から約20,000 の範囲が好ましく、約500 から約10,000 の範囲がもっと好ましい。厚い第一のハードマスク層 130 は、ハードマスクを介しての処理に能く耐える。しかしながら第一のハードマスク層の厚さは、そのアスペクト比に依存している。第一のハードマスク層 130 のアスペクト比は、約20:1未満にするのが力学的安定性の見地から好ましい。

20

## 【0032】

第二のハードマスク層 140 を、第一のハードマスク層 130 の上につくる。第二のハードマスク層 140 によって、第一のハードマスク層 130 へと転写することになるパターンがつくられる。第二のハードマスク層 140 でつくられるパターンの線巾は、フォトレジスト層 150 のパターンの線巾よりも狭くするのが好ましい。

## 【0033】

第二のハードマスク層 140 は、無機材料もしくは珪素含有有機層からつくることができる。示した実施形態では、第二のハードマスク層 140 を、反射防止絶縁膜 (DARC) からつくってもよく、例えば珪素分の多い酸窒化珪素 ( $SiO_xN_y$ ) から作成できる。DARC層が含む珪素の量は、層の総重量を基準にして約30wt%から約80wt%の範囲とできる。好ましくは、DARC層の含む珪素の量は、層の総重量を基準にして約35wt%から約70wt%の範囲である。別の実施形態においては、第二のハードマスク層 140 を、珪素、酸化珪素 ( $SiO_2$ )、もしくは窒化珪素 ( $Si_3N_4$ ) からつくってもよい。

30

## 【0034】

別の実施形態では、第二のハードマスク層 140 を、珪素含有有機材料からつくってもよい。こうした珪素含有有機材料は、第一のハードマスク層 130 の作成に使用できる材料とは異なっている。珪素含有有機層の含む珪素の量は、層の総重量を基準にして約10wt%から約35wt%の範囲である。例示的な珪素含有有機材料は、SHB-A629 (信越) である。第二のハードマスク層 140 の厚さは、約50 から約1,000 の範囲であるのが好ましく、約100 から約700 の範囲であるのがより好ましい。

40

## 【0035】

## 〔フォトレジスト層の作成とパターン化〕

図1Aに話を戻して、フォトレジスト層 150 を第二のハードマスク層 140 の上につくる。示した実施形態においては、光刻法に通常使われる光の波長 (248nm、193nm、157nm、および13.5nmなど) に対して感受性を持つようなフォトレジストから、フォトレジスト層 150 をつくることができる。フォトレジスト層 150 の厚さは、約500 から約3,000 の範囲であるのが好ましく、約1,000 から約2,000 の範囲であるのがより好ましい。図1Bでは、任意の適切なフォトレジスト処理法を使って、フォトレジスト層 150 をバタ

50

ーン化してある。

【0036】

他の実施形態群においては、ウェハ上にパターン描画するための他の種類のリソグラフィ法に使われるレジストから、レジスト層 150 をつくってもよい。こうしたリソグラフィ法の例としては、紫外(UV)光刻法、極紫外(EUV)光刻法、X線刻法、およびインプリント・コンタクト・リソグラフィ(圧印式接触刻法)といったものがあるが、これらに限定はされない。

【0037】

図3Aでは、第二のハードマスク層 340 とフォトレジスト層 350 との間に任意に、底部反射防止膜(BARC)層 360 を作成できることを示してある。BARCは通常は有機物であって、フォトレジストを活性化させてしまう紫外(UV)放射の反射を抑止することで、解像度を高めるものである。BARCは広汎に利用可能であり、普通は用いるレジスト材料とUV波長に基づいて選択することになる。BARCは通常はポリマーを基盤としたものであって、付随するフォトレジストに沿って除去するのが普通である。任意付加であるBARC層 360 の厚さは、約200 から500 の範囲であるのが好ましく、約300 から約400 の範囲であるのがより好ましい。

【0038】

〔第二のハードマスクへのパターン転写〕

フォトレジスト 150 につくったパターンを第二のハードマスク 140 へと転写するに際しては、プラズマ蝕刻工程を使うのが好ましく、高密度プラズマ蝕刻工程を使うのがもっとも好ましい。プラズマ蝕刻工程は、異方性蝕刻工程であるのが好ましい。

【0039】

図1Cでは、パターンをフォトレジスト層 150 から第二のハードマスク層 140 へと転写してある。この転写を行うにあたっては、処理室内で弗化炭素プラズマ乾式蝕刻法を施すのが好ましい。乾式蝕刻法(好ましくは高密度プラズマを用いる)を使うと、レジスト要素の寸法に忠実に、第二のハードマスク層 140 のパターン化が可能である。電力レベルと流量は、扱んだ処理室に応じて変更できる。好ましい処理室としては、Lam Research Corp. (Fremont, CA) のTCP9400 poly etch chamber およびTCP2300 poly etch chamber や、Applied Materials Corp. (Santa Clara, CA) のDPS2 poly etch chamberなどがある。パターンをフォトレジスト層 150 から第二のハードマスク層 140 へと転写するために使える蝕刻法が何種類もあるということを、当業者は正しく理解できる。

【0040】

第二のハードマスク 140 の蝕刻に用いた処理室にて、その次の工程段階で、第二のハードマスク層 140 のトリム言い換えれば縮めを行うのが好ましい。第二のハードマスク層 140 を蝕刻した後、転写工程中に処理室をページ(一掃)する。イオン化電力は処理室にかけたままにするが、バイアス電力は切っておく。第二のハードマスク層 140 の蝕刻に使ったプラズマを、処理室からページ(一掃)する。

【0041】

〔第二のハードマスクのトリム処理〕

図1Dと図4では、フォトレジスト層 150 を上面に載せたまま、第二のハードマスク層 140 を縮めて(トリムして)いる。トリム工程では、横方向に蝕刻を起こして、限界寸法を縮める。このトリム工程ではまた、特徴的構造の縁部の粗を均している。第二のハードマスク層の縁部の平均粗さ( $R_a$ )は、約10 rmsから約100 rmsの範囲であるのが好ましい。こうしたトリム工程を行うにあたっては、等方性蝕刻法を使うのが好ましい。

【0042】

図4では、トリム工程に入る前の時点でのフォトレジスト層 150 および第二のハードマスク層 140 を、点線で示してある。第二のハードマスク層 140 の元の線巾は  $L$  であった。トリム工程の後には、第二のハードマスク層 140 の線巾は  $L'$  に縮んでいる。第二のハードマスク層 140 の線巾を、約10 以上縮めるのが好ましい。言い換えると、当初の線巾  $L$  と縮んだ線巾  $L'$  との差が、約10 以上あるのが好ましいということである。

10

20

30

40

50

蝕刻の及ぶ範囲という観点から考えれば、第二のハードマスク層 140 の露出した側面の各々が、横方向に5 以上蝕刻除去されるということである。或る実施形態では、75nmだった線巾を64nmに縮めている。別の実施形態では、77nmだった線巾を67nmに縮めている。

#### 【0043】

〔乾式蝕刻によるトリム工程〕

$\text{SiO}_x\text{N}_y$ もしくは  $\text{SiN}$  を含んだ第二のハードマスク層 140 を縮めるには、等方性プラスマ乾式蝕刻法が使える。トリム工程で使われる蝕刻剤には、第二のハードマスク層 140 を選択的に蝕刻できて、しかも第一のハードマスク層 130 は最小限しか蝕刻しないようなものを選択することで、基板を保護する。或る実施形態群では、第二のハードマスク層 140 の蝕刻速度を、第一のハードマスク層 130 のそれと同程度だが低速にはならないようになる。第二のハードマスク層 140 の蝕刻速度を、第一のハードマスク層 130 の蝕刻速度の約一倍から千倍までの範囲とするのが好ましく、約二倍から百倍までの範囲とするのがより好ましく、約十倍から百倍までの範囲とするのがもっとも好ましい。

#### 【0044】

或る実施形態では、第二のハードマスク層 140 とその上に在るフォトレジスト層 150 を、これらの材料間での選択性がほとんどないかまったくないような蝕刻剤を使って蝕刻してもよい。第二のハードマスク層 140 の蝕刻速度は、上在フォトレジスト層 150 の蝕刻速度とほぼ等しくすることもできるし、もしくは遅くてもかまわない。図 1 D では、フォトレジスト層 150 の蝕刻速度は、第二のハードマスク層 140 のそれと同程度である。図 1 D では、フォトレジスト層 150 が第二のハードマスク層 140 と同程度に蝕刻されており、しかも第二のハードマスク層 140 の線縁の粗が均されているか、もしくは第二のハードマスク層 140 を所望の特徴的構造巾になるように縮められている。

#### 【0045】

フォトレジスト層の厚さが1,000 未満であるような他の実施形態群では、トリム工程に使うのは、フォトレジスト 150 に比してハードマスク層 140 への選択性が高い蝕刻剤が好ましい。図 2 A から図 2 C には、本発明の或る実施形態にかかる、高い選択性を持つ蝕刻剤を使ってハードマスクを形成する工程の一部を描いている。図 2 A から図 2 C では、図 1 A から図 1 F での部品に類似している部品には、その番号に100を足した参照番号をあてはめてある。図 2 A では、対象層 220 を基板 210 の上に設けている。そして第一のハードマスク層 230 を、対象層 220 の上に設ける。第二のハードマスク層 240 は、第一のハードマスク層 230 の上に設ける。フォトレジスト層 250 は、第二のハードマスク層 240 の上に設ける。フォトレジストのパターン化(不図示)は、図 1 B を参照して上述したものと同一か類似したやりかたで行う。

#### 【0046】

図 2 A では、フォトレジスト層 250 のパターンを第二のハードマスク層 240 へと転写してある。この転写工程は、図 1 C を参照して上述したものと同一か類似したものである。

#### 【0047】

図 2 B では、第二のハードマスク層 240 を、フォトレジスト層 250 に対して選択的に蝕刻してある。第二のハードマスク層 240 の蝕刻速度は、フォトレジスト層 250 の蝕刻速度の約二倍から千倍までの範囲とするのが好ましく、約二倍から百倍までの範囲とするのがより好ましい。高い選択性を持つ蝕刻剤を使うと、フォトレジスト 250 の蝕刻は最小限にとどまり、その一方で、第二のハードマスク層 240 の線縁の粗が均されるか、もしくは第二のハードマスク層 240 が所望の特徴的構造巾になるように縮められる。するとその結果として、図示したように、奥まった状態もしくは下部を切り込んだ状態が得られる。

#### 【0048】

図 2 C では、第二のハードマスク層 240 のパターンを、第一のハードマスク層 230 へと転写してある。第二のハードマスク層 240 から第一のハードマスク層 230 へのパターン転写は、図 1 E を参照して以降で詳述することになるものと同一か類似したものである

10

20

30

40

50

。

## 【0049】

図3Aおよび図3Bでは、別の実施形態として、BARC層360を、フォトレジスト層350と第二のハードマスク層340の間につけている。図3Aおよび図3Bでは、図1Aから図1Fでの部品に類似している部品には、その番号に200を足した参照番号をあてはめてある。この実施形態では、BARC層360の蝕刻速度を、フォトレジスト層350の蝕刻速度とほぼ同じにしている。第二のハードマスク層340への高い選択性を持つ蝕刻剤を使うと、フォトレジスト層350およびBARC層360の蝕刻は最小限にとどまり、その一方で、第二のハードマスク層340の線縁の粗が均されるか、もしくは第二のハードマスク層340が所望の特徴的構造巾になるように縮められる（図3B参照）。あるいは、第二のハードマスク層340への選択性が低い蝕刻剤を使うと、フォトレジスト層およびBARC層の蝕刻速度が、第二のハードマスク層340の蝕刻速度とほぼ同じになるかむしろ速くなると考えられる（図1Aから図1Fの実施形態と同様）。

10

## 【0050】

蝕刻速度は、線の両側に関して約2 /secから20 /secの範囲であるのが好ましい（つまり、線の各側に関して約1 /secから10 /secの範囲である）。好ましい第二のハードマスク層140, 240, 340へのトリム工程用の好ましい蝕刻剤は、弗素含有プラズマである。こうした弗素含有プラズマには、NF<sub>3</sub>もしくはSF<sub>6</sub>を用いたプラズマが含まれる。

20

## 【0051】

トリム工程にとって好ましい処理室は、Lam Research Corp.のTCP9400 poly etch chamberである。この処理室を使う際に好ましい前駆ガスとしては、NF<sub>3</sub>とArがある。単一ウェハを使った好ましい実施形態においては、NF<sub>3</sub>の流量を、約10sccmから50sccmの範囲にするのが好ましく、約15sccmから30sccmの範囲にするのがより好ましい。Arの流量は、約15sccmから150sccmの範囲にするのが好ましく、約20sccmから75sccmの範囲にするのがより好ましい。この処理室内の圧力は、約4mTorrから20mTorrの範囲にするのが好ましく、約5mTorrから15mTorrの範囲にするのがより好ましい。イオン化源の電力（in situで届けるのが好ましい）は、約100Wから400Wの範囲にするのが好ましく、約150Wから300Wの範囲にするのがより好ましい。バイアス出力は、約0W程度にするのが好ましい。ウェハ温度は、約-10 から20 の範囲にするのが好ましく、約0 から10 の範囲にするのがより好ましい。別の好ましい処理室は、Applied Materials Corp.のDPS2 poly etch chamberである。

30

## 【0052】

或る実施形態では、トリム工程を施したウェハには、1600 のフォトレジスト層と、730 の珪素含有有機層（第二のハードマスク層として）と、2500 の有機下地層（第一のハードマスク層として）と、が含まれていた。約20sccmのNF<sub>3</sub>および約30sccmのArを、処理室内に流した。処理室の圧力が約10mTorr、源（誘導）電力が約200Wとなるように調節した。こうした条件下でのトリム速度は、特徴的構造巾に関して約6 /secになった（図5参照）。換言すると、第二のハードマスク層の露出した部位の各縁部における蝕刻速度が、約3 /secであったということである。

40

## 【0053】

図6Aから図6Cは、上述したトリム工程でトリムしたハードマスクパターンを上面から走査型電子顕微鏡で撮った顕微鏡写真である。第二のハードマスクパターンの線巾を、図面の左肩にミクロン単位で示してある。トリム工程を行う前、第二のハードマスク層の元の線巾は約81nmであった。トリム工程後の線巾は、図6Aで約74nm、図6Bで約70nm、図6Cで約69nmに縮んでいた。線巾を縮めるのにかかった時間は、約74nmに約12秒、約70nmに約19秒、約69nmに約21秒であった。図7は図6Cの拡大図である。図7に示した第二のハードマスク層では、トリムしたパターンの線巾が約69nmである。

## 【0054】

さらに図8は、上記のトリムしたハードマスクパターンの側方からの断面を、走査型電子顕微鏡で撮った顕微鏡写真である。図8では、第二のハードマスク層から第一のハード

50

マスクへのパターン転写（後で詳述する）を行った後の、線／間隔パターンの断面を示している。上述したようにトリムが施された第二のハードマスク層が、第一のハードマスク層の上面に残る。図8では、線縁の粗が、忠実度が高く適切なものとなっていることがわかる。第二のハードマスク層の縁の平均粗さ（ $R_a$ ）は、約10 rmsから約100 rmsの範囲であるのが好ましく、約50 rms未満であるのがより好ましく、約10 rmsから約50 rmsの範囲であるのがもっとも好ましい。

#### 【0055】

別の実施形態では、トリム工程を施したウェハには、1600 のフォトレジスト層と、400 のBARC層と、第二のハードマスク層としての260 のDARC層と、第一のハードマスク層としての2000 の非晶質炭素層と、が含まれていた。この実施形態においては、BARC層を、図3 A および図3 B を参照して上述した実施形態と同様に使った。約20sccmの  $NF_3$  および約30sccmの Ar を、処理室内に流した。処理室の圧力が約10mTorr、バイアス出力が約200Wとなるように調節した。こうした条件下でのトリム速度は、特徴的構造巾に関して約7 /secになった（図9参照）。換言すると、第二のハードマスク層の露出した部位の各縁部における蝕刻速度が、約3.5 /secであったということである。

10

#### 【0056】

図10 A から図10 C は、第二のハードマスク層から第一のハードマスクへのパターン転写（後で詳述する）を行った後の、線／間隔パターンを上面から走査型電子顕微鏡で撮った顕微鏡写真である。上述したようにトリムしてある第二のハードマスクが、第一のハードマスク層の上面に残る。第二のハードマスクパターンの線巾を、図面の左肩にミクロン単位で示してある。トリム工程を行う前、第二のハードマスク層の元の線巾は約85nmであった。トリム工程後の線巾は、図10 A で約75nm、図10 B で約69nm、図10 C で約63nmに縮んでいた。線巾を縮めるのにかかった時間は、約75nmに約14秒、約69nmに約23秒、約63nmに約32秒であった。

20

#### 【0057】

トリム工程に用いた処理室にて、第一のハードマスク層 130 を蝕刻するのが好ましい。第二のハードマスク層 140 を蝕刻した後、転写工程中に処理室をページ（一掃）する。イオン化出力は処理室にかけたままにするが、バイアス出力は切っておく。第二のハードマスク層 140 の蝕刻に使ったプラズマを、処理室からページ（一掃）する。

30

#### 【0058】

##### 〔湿式蝕刻によるトリム〕

第二のハードマスク層を縮めるにあたっては、等方性湿式蝕刻法を用いることができる。第二のハードマスク層 140 が  $SiO_2$  からできているような実施形態においては、緩衝酸化物蝕刻法をこうした湿式蝕刻法に使ってもよい。こうした緩衝酸化物蝕刻溶液には、HF、 $NH_4F$ 、および  $H_2O$  が含有されている。或る実施形態では、使う溶液の HF 濃度を約0.5 wt.%から20 wt.%の範囲とし、約2 wt.%から10 wt.%の範囲とするのがより好ましい。基板温度は、約15 から80 の範囲にするのが好ましく、約20 から25 の範囲にするのがより好ましい。

#### 【0059】

一例として、6.8%の HF、34%の  $NH_4F$ 、および58.6%の  $H_2O$  を含有する緩衝酸化物蝕刻溶液を使うと、 $SiO_2$  を速度100nm/minで蝕刻できる。蝕刻工程の継続時間は、第二のハードマスク層 140 に望む線巾に応じて変更してよい。緩衝酸化物蝕刻溶液の濃度、基板温度、および蝕刻継続時間を、第二のハードマスク層に望む粗さもしくは特徴的構造の線巾に応じて設定できるということを、当業者は正しく理解できる。

40

#### 【0060】

トリム工程中に、第二のハードマスク層 140 の上面にフォトレジスト層150 を設けることで、強作用蝕刻工程を使い、粗さを減らし、且つCDを縮めることができになる。第二のハードマスク層 140 の上面が上在フォトレジスト層150 で保護されるため、こうした強作用蝕刻工程で第二のハードマスク層 140 の厚さが損なわれることはない。加えて、対象層 120 の上につくった第一のハードマスク層 130 が、対象層 120 を強作用蝕刻

50

工程から保護する。このため、もっと作用が強いか、もしくは長期間であるようなトリム工程を施して、対象層 120 に望まざる損傷を与えることなくCDを縮めることも可能であろう。こういったもっと作用が強いか、もしくは長期間であるようなトリム工程が特に有用なのは、高密度アレイにくりかえしパターンをつくる場合である。そうした高密度アレイとしては、メモリアレイ、導電体、キャパシタなどのための線や、またはマイクロプロセッサ（論理アレイなど）がある。

#### 【0061】

##### 〔第一のハードマスクへのパターン転写〕

図1Eでは、縮めた（トリムした）パターンを、第二のハードマスク層 140 から第一のハードマスク層 130 へと転写している。図1Eでは、第二のハードマスク層 140 に在るパターンを、第一のハードマスク層 130 へと転写している。第一のハードマスク層 130 を、有機材料からつくるのが好ましく、非晶質炭素からつくるのがより好ましい。蝕刻工程は、乾式現像蝕刻（DDE）工程であるのが好ましい。蝕刻剤には硫黄と酸素を含めるのが好ましく、また蝕刻剤はプラズマであるのが好ましい。示した実施形態では、二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）を用いたプラズマを蝕刻剤として工程に使う。この工程のことを、DDE炭素蝕刻工程と呼ぶ。プラズマ工程では、不活性ガスをプラズマの補助として使うのが好ましい。

#### 【0062】

第一のハードマスク層 130 のための蝕刻工程を行うに際しては、第一のハードマスク層 130 への選択性が、他の層（第二のハードマスク層 140 および下地である対象層 120 など）に較べて高くなるようにする。第一のハードマスク層 130 の蝕刻速度を、第二のハードマスク層 140 の蝕刻速度の約五倍以上とするのが好ましく、約十倍から五十倍までとするのがより好ましい。

#### 【0063】

こうした蝕刻に好ましい処理室としては、Lam Research Corp.のTCP9400 poly etch chamberがある。この処理室内の圧力は、3mTorrから20mTorrの範囲にするのが好ましく、約5mTorrから15mTorrの範囲にするのがより好ましい。イオン化源の出力（in situで送達するのが好ましい）は、約175Wから400Wの範囲にするのが好ましく、約225Wから350Wの範囲にするのがより好ましい。バイアス出力は、約25Wから125Wの範囲にするのが好ましく、約30Wから100Wの範囲にするのがより好ましい。電極温度は、約-5 から15 の範囲にするのが好ましく、約0 から10 の範囲にするのがより好ましい。この処理室を使う場合、好ましい蝕刻ガスには SO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、および Ar がある。単一ウェハを使った好ましい実施形態においては、SO<sub>2</sub> の流量を、約10sccmから75sccmの範囲にするのが好ましく、約20sccmから60sccmの範囲にするのがより好ましい。O<sub>2</sub> の流量は、約10sccmから100sccmの範囲にするのが好ましく、約20sccmから80sccmの範囲にするのがより好ましい。Ar の流量は、約0sccmから175sccmの範囲にするのが好ましく、約0sccmから140sccmの範囲にするのがより好ましい。

#### 【0064】

別の好ましい処理室であるApplied Materials Corp.のIPS oxide etch chamberでは、圧力を約5mTorrから20mTorrの範囲にするのが好ましく、約7mTorrから16mTorrの範囲にするのがより好ましい。in situイオン化源出力は、350Wから1200Wの範囲にするのが好ましく、約400Wから1000Wの範囲にするのがより好ましい。バイアス出力は、約40Wから150Wの範囲にするのが好ましく、約50Wから130Wの範囲にするのがより好ましい。電極温度は、約-25 から15 の範囲にするのが好ましく、約-20 から10 の範囲にするのがより好ましい。この処理室を使う場合、好ましい蝕刻ガスには SO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、および Ar がある。単一ウェハを使った好ましい実施形態においては、SO<sub>2</sub> の流量を、約10sccmから75sccmの範囲にするのが好ましく、約20sccmから60sccmの範囲にするのがより好ましい。O<sub>2</sub> の流量は、約0sccmから100sccmの範囲にするのが好ましく、約0sccmから90sccmの範囲にするのがより好ましい。Ar の流量は、約0sccmから175sccmの範囲にするのが好ましく、約0sccmから150sccmの範囲にするのがより好ましい。N<sub>2</sub> の流量は、約0sccmから125sc

10

20

30

40

50

cmの範囲にするのが好ましく、約0sccmから100sccmの範囲にするのがより好ましい。

#### 【0065】

SO<sub>2</sub>を用いたプラズマを使うと、第一のハードマスク層130（好ましくは非晶質炭素である）を、第二のハードマスク層140に対する高い選択性を以って蝕刻できる。DDE蝕刻工程の選択性は、対象層120上に特徴的構造をプリントするための上質のマスクを設ける援けとなる。

#### 【0066】

さらには、第一のハードマスク層130を、下地である対象層120に対して高い選択性を以って蝕刻するのが好ましい。第一のハードマスク層130の蝕刻速度を、対象層120の蝕刻速度の約五倍以上とするのが好ましく、約十倍以上とするのがより好ましい。好ましい材料を使うと、選択性を100:1以上にまで到達できる。こうした蝕刻工程中に、第二のハードマスク層140に被さったフォトレジスト層150も蝕刻して除去する。

10

#### 【0067】

##### 〔対象層の蝕刻〕

図1Fでは、第一のハードマスク層130をパターン化すれば、対象層120の処理（蝕刻など）に使える、ということを示してある。集積回路製造過程でマスクを介して選択的に処理（蝕刻など）をする必要があるような、珪素、酸化珪素、窒化珪素、金属、もしくは他の任意の材料などから、対象層120を作成できる。好ましい実施形態では、対象層120を同一処理室内で処理する。しかし、ウェハを後続の工程にかけるために別の処理室へ移送してもかまわない。対象層120の蝕刻にあたっては、扱んだ対象層に対して適切な蝕刻剤を使うのが好ましい。

20

#### 【0068】

蝕刻停止層（不図示）を、第一のハードマスク層130と対象層120の間に置いてもよい。対象層120の組成によっては、蝕刻停止層を、第二のハードマスク層130に使う材料と類似の材料からつくってもよい。こうした材料としては、DARCおよび窒化珪素がある。この蝕刻停止層により、第一のハードマスク層130の蝕刻中（すなわち、第一のハードマスク層130へのパターン転写中や、第一のハードマスク層130の除去中）に、対象層120が損傷しないようにできる。対象層120が金属である場合（金属配線層であるような場合など）には、このことは特に重要となる。金属をDDE処理室内で蝕刻すると、処理室が汚染されて処理が遅緩してしまう可能性がある。なので、対象層120に露出した金属層が有る場合には、ウェハを金属蝕刻室へと移送してから、さらなる処理にかけるのが好ましい。対象層の処理（蝕刻など）が完了したら、既知の蝕刻法（湿式蝕刻工程など）を使って、残っているハードマスク材料をすべて除去してよい。示した実施形態では、対象層の蝕刻中に、第二のハードマスク層140が第一のハードマスク層130の上面に残っている。他の実施形態群では、対象層120をパターン化された第一のハードマスク層130を介して処理する前に、第二のハードマスク層140を除去してもかまわない。上述した対象層の蝕刻工程の後に、付加的な工程（金属配線化など）を施して、集積回路を仕上げる。

30

#### 【0069】

##### 〔ほかのリソグラフィ法への適用〕

40

示した実施形態では、トリム工程を光刻法と組み合わせて使っていた。他の実施形態群では、トリム工程を、他の種類のリソグラフィ法（インプリントリソグラフィなど）と組み合わせることができる。インプリントリソグラフィとは、剛体の機械的な鋳型を使って、パターンを基板へと転写する手法のことである。インプリントリソグラフィ工程では、光硬化性材料を第二のハードマスク層の上に配置する。そうしてから、剛体の透明な（水晶などでできた）鋳型を上から光硬化性材料に押しつけて、軟らかいレジストを圧印（成形）する。そしてパターンを使って光硬化性材料に光をあてて固めると、鋳型によって硬化した材料が成形される。こうして、パターンが第二のハードマスク層に転写されるわけである。続いて、硬化した材料を第二のハードマスク層の上面に載せたまま、第二のハードマスク層を縮める。このとき、下地である第一のハードマスク層が、下地である半導体

50

基板を保護している。

【0070】

〔種々のマスキング構造体〕

本発明の別の特徴として、集積回路を処理するための保護構造体(マスキング構造体)が提供される。こうしたマスキング構造体は、添加法、酸化法、窒化法、および選択的堆積法などの種々の工程に使用可能である。図1Dでは、マスキング構造体が、対象層120の上につくった第一のハードマスク層130と、第一のハードマスク層130の上につくった第二のハードマスク層140と、第二のハードマスク層140の上につくったレジスト層150と、を含んでいてもよい。いくつかの実施形態群では、対象層120というものが、そこに溝を形成できる珪素ウェハ自体のことを表す、という旨を理解されたい。第二のハードマスク層140には、第一のハードマスク層130を蔽うよう構築したマスキング部位を具えたパターンが含まれる。第二のハードマスク層140のマスキング部位に対応したマスキング部位を具えたパターンを有するように、レジスト層150を構築する。第二のハードマスク層140のマスキング部位の露出した側面141の各々は、等方性蝕刻されている。

10

【0071】

或る実施形態では、第二のハードマスク層のマスキング部位の露出した側面の各々が、5以上蝕刻されている。第二のハードマスク層のマスキング部位の露出した側面の各々の二乗平均(RMS)粗さは、約10 rmsから約100 rmsの範囲にでき、約50 rms未満であるのがより好ましく、約10 rmsから約50 rmsの範囲にするのがもっとも好ましい。第二のハードマスク層のマスキング部位の線巾が、レジスト層の対応するマスキング部位の線巾とほぼ等しくなってもいい(図1D参照)。こうした構造体を得るには、第二のハードマスク層への選択性を持たない蝕刻剤をトリム工程中に使用するとよい。

20

【0072】

他の実施形態においては、第二のハードマスク層のマスキング部位の線巾が、レジスト層の対応するマスキング部位の線巾よりも狭くなっていてもよい。このような構造体を得るには、第二のハードマスク層への選択性が高い蝕刻剤をトリム工程に使用するとよい(図2B参照)。第二のハードマスク層の露出した面241は、フォトレジスト層の下に奥まっている。

30

【0073】

本発明を特定の好ましい実施形態群について説明してきたが、本明細書にすべての特徴と効果が記されていないような実施形態をも含んだ他の実施形態群についても、当業者には自明のものであって、本発明の範囲に包摂される。ゆえに、本発明の範囲は付随する請求項を参照してのみ定義される。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1A】図1Aから図1Fは、本発明の或る実施形態にかかる集積回路の蝕刻工程を描いた、模式的断面図である。

40

【図1B】図1Aから図1Fは、本発明の或る実施形態にかかる集積回路の蝕刻工程を描いた、模式的断面図である。

【図1C】図1Aから図1Fは、本発明の或る実施形態にかかる集積回路の蝕刻工程を描いた、模式的断面図である。

【図1D】図1Aから図1Fは、本発明の或る実施形態にかかる集積回路の蝕刻工程を描いた、模式的断面図である。

【図1E】図1Aから図1Fは、本発明の或る実施形態にかかる集積回路の蝕刻工程を描いた、模式的断面図である。

【図1F】図1Aから図1Fは、本発明の或る実施形態にかかる集積回路の蝕刻工程を描いた、模式的断面図である。

【図2A】図2Aから図2Cでは、本発明の或る実施形態にかかる、高い選択性を持つ蝕刻剤を使ってハードマスクを形成する工程の一部を描いている。

50

【図 2 B】図 2 A から図 2 C では、本発明の或る実施形態にかかる、高い選択性を持つ蝕刻剤を使ってハードマスクを形成する工程の一部を描いている。

【図 2 C】図 2 A から図 2 C では、本発明の或る実施形態にかかる、高い選択性を持つ蝕刻剤を使ってハードマスクを形成する工程の一部を描いている。

【図 3 A】図 3 A および図 3 B では、本発明の或る実施形態にかかる、BARC層を使ってハードマスクを形成する工程の一部を描いている。

【図 3 B】図 3 A および図 3 B では、本発明の或る実施形態にかかる、BARC層を使ってハードマスクを形成する工程の一部を描いている。

【図 4】図 4 は、図 1 D に示した部分的に形成された集積回路の、部分的な斜視図である。

【図 5】図 5 は、本発明の或る実施形態にかかる、ハードマスク層のトリム速度を示したグラフである。

【図 6 A】図 6 A から図 6 C は、図 5 に示したトリム速度でトリムしたハードマスクパターンを上面から走査型電子顕微鏡で撮った顕微鏡写真である。

【図 6 B】図 6 A から図 6 C は、図 5 に示したトリム速度でトリムしたハードマスクパターンを上面から走査型電子顕微鏡で撮った顕微鏡写真である。

【図 6 C】図 6 A から図 6 C は、図 5 に示したトリム速度でトリムしたハードマスクパターンを上面から走査型電子顕微鏡で撮った顕微鏡写真である。

【図 7】図 7 は、図 6 C の拡大図である。

【図 8】図 8 は、図 7 に示したトリムしたハードマスクパターンの側方からの断面を、走査型電子顕微鏡で撮った顕微鏡写真である。

【図 9】図 9 は、本発明の或る実施形態にかかる、別のハードマスク層についてのトリム速度を示すグラフである。

【図 10 A】図 10 A から図 10 C は、図 9 に示したトリム速度でトリムしたハードマスクパターンを上面から走査型電子顕微鏡で撮った顕微鏡写真である。

【図 10 B】図 10 A から図 10 C は、図 9 に示したトリム速度でトリムしたハードマスクパターンを上面から走査型電子顕微鏡で撮った顕微鏡写真である。

【図 10 C】図 10 A から図 10 C は、図 9 に示したトリム速度でトリムしたハードマスクパターンを上面から走査型電子顕微鏡で撮った顕微鏡写真である。

【図 1 A】

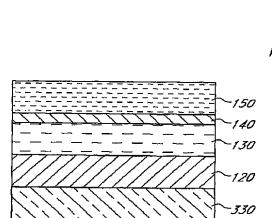


FIG. 1A

【図 1 B】

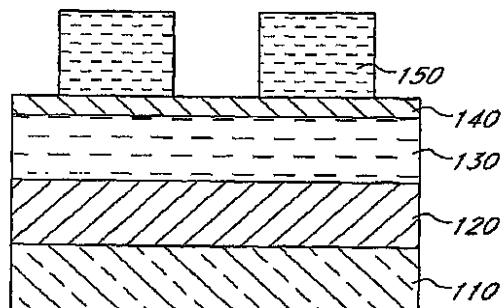


FIG. 1B

【図 1 C】

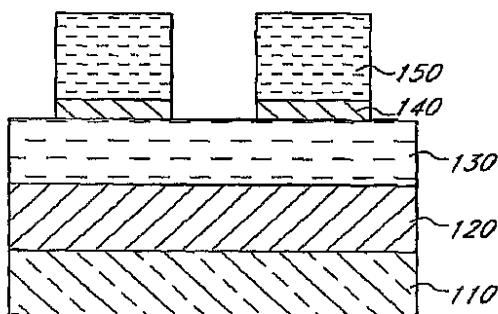


FIG. 1C

【図 1 D】

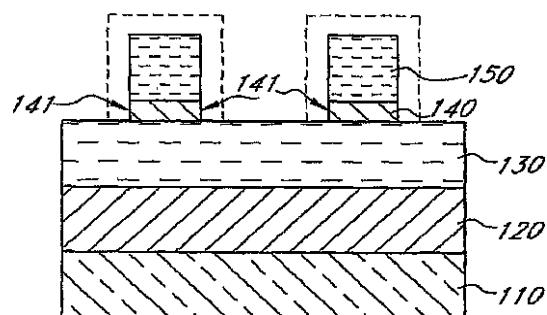


FIG. 1D

【図 1 E】

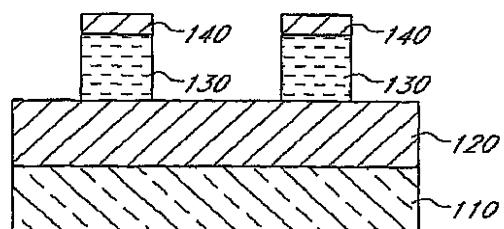


FIG. 1E

【図 1 F】

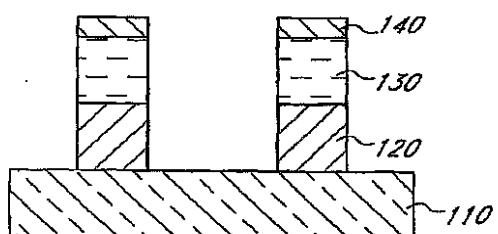


FIG. 1F

【図 2 A】

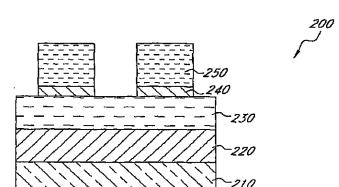
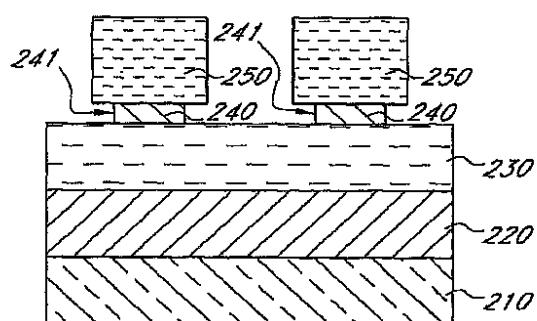
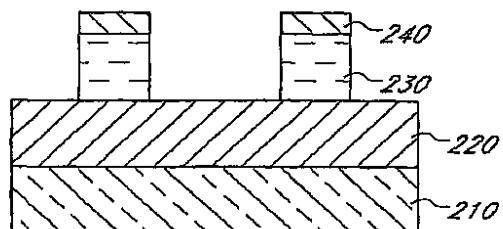


FIG. 2A

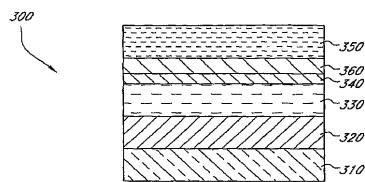
【図 2 B】

**FIG. 2B**

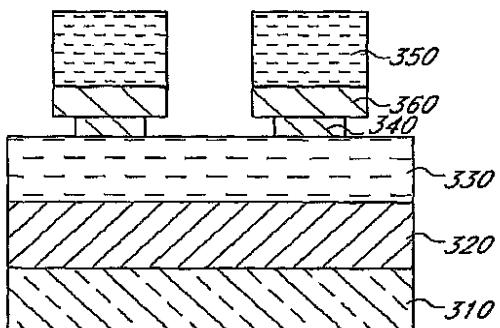
【図 2 C】

**FIG. 2C**

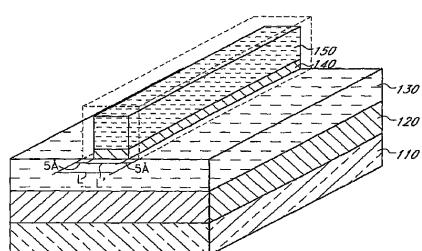
【図 3 A】

**FIG. 3A**

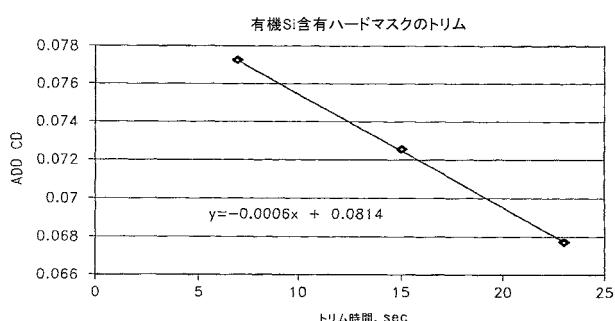
【図 3 B】

**FIG. 3B**

【図 4】

**FIG. 4**

【図 5】



【図 6 A】

**FIG. 6A**

【図 6 B】

**FIG. 6B**

【図 6 C】

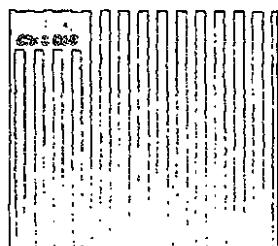


FIG. 6C

【図 7】

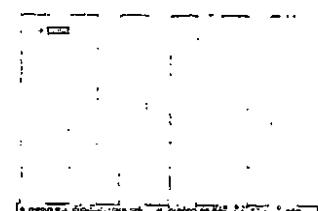


FIG. 7

【図 8】

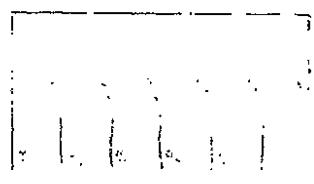
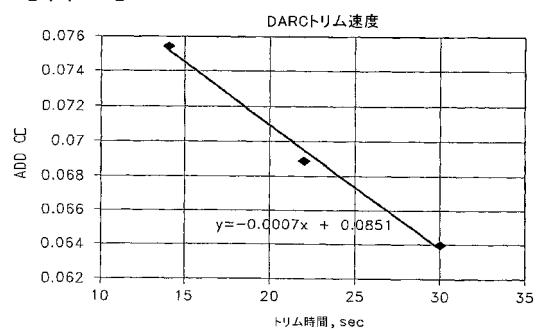


FIG. 8

【図 9】



【図 10 A】

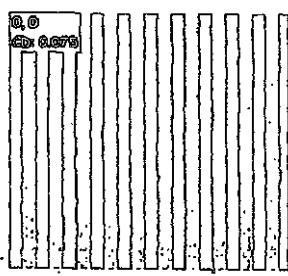


FIG. 10A

【図 10 C】

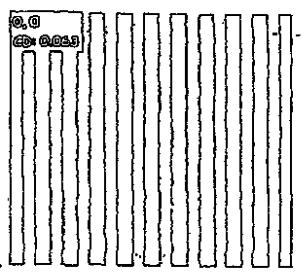


FIG. 10C

【図 10 B】

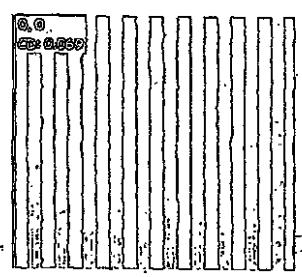


FIG. 10B

**【手続補正書】**

【提出日】平成21年3月12日(2009.3.12)

**【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】**

集積回路のための蝕刻方法であって、

対象層の上に、第一のハードマスク層を設けるステップと、

前記第一のハードマスク層の上に、第二のハードマスク層を設けるステップと、

前記第二のハードマスク層の上に、レジスト層を設けるステップと、

前記レジスト層にパターンを形成するステップと、

前記パターンを、前記第二のハードマスク層へと転写するステップと、

前記第二のハードマスク層を、前記第二のハードマスク層の上面に前記レジスト層を載せたままトリムするステップと

を含む、方法。

**【請求項2】**

前記対象層が、

絶縁体、半導体、および金属からなる群から選択される材料を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項3】**

前記第一のハードマスク層が、非晶質炭素層を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項4】**

前記第一のハードマスク層が、有機下地層を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項5】**

前記第一のハードマスク層の厚さが、約200 から約20,000 の範囲である、請求項1記載の方法。

**【請求項6】**

前記第一のハードマスク層のアスペクト比が、約20:1未満である、請求項1記載の方法。

。

**【請求項7】**

前記第二のハードマスク層が、無機層を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項8】**

前記無機層が、反射防止絶縁膜(DARC)を含む、請求項7記載の方法。

**【請求項9】**

前記無機層が、

酸窒化珪素、酸化珪素、および窒化珪素からなる群から選択される材料を含む、請求項7記載の方法。

**【請求項10】**

前記第二のハードマスク層が、珪素含有有機層を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項11】**

前記第二のハードマスク層の厚さが、約50 から約1,000 の範囲である、請求項1記載の方法。

**【請求項12】**

前記レジストが、

157nmフォトレジスト、193nmフォトレジスト、および248nmフォトレジストからなる群から選択されるフォトレジストを含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 1 3】**

前記パターンを前記第二のハードマスク層へと転写するステップが、  
異方性蝕刻工程を用いるステップ  
を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 1 4】**

前記異方性蝕刻工程を用いるステップが、  
弗化炭素を用いたプラズマを使うステップ  
を含む、請求項13記載の方法。

**【請求項 1 5】**

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、  
前記第二のハードマスク層の特徴的構造の巾を、約10 以上縮めるステップ  
を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 1 6】**

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、  
前記第二のハードマスク層を、前記レジスト層および前記第一のハードマスク層に  
対して選択的に蝕刻するステップ  
を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 1 7】**

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、  
前記第二のハードマスク層を、前記第一のハードマスク層の蝕刻速度の約一倍から  
千倍までの速度で蝕刻するステップ  
を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 1 8】**

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、  
前記第二のハードマスク層を、秒あたり約1 から10 までの速度で蝕刻するステ  
ップ  
を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 1 9】**

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、  
前記第二のハードマスク層を等方性蝕刻するステップ  
を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 2 0】**

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、  
前記第二のハードマスク層をプラズマで蝕刻するステップ  
を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 2 1】**

前記プラズマが、弗素含有プラズマを含む、請求項20記載の方法。

**【請求項 2 2】**

前記プラズマが、  
 $NF_3$  を用いたプラズマ、および  $SF_6$  を用いたプラズマからなる群から選択される  
プラズマ  
を含む、請求項21記載の方法。

**【請求項 2 3】**

前記第二のハードマスク層をトリムするステップが、  
湿式蝕刻工程を使うステップ  
を含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 2 4】**

前記湿式蝕刻工程を使うステップが、  
緩衝酸化物蝕刻工程を使うステップ  
を含む、請求項23記載の方法。

**【請求項 25】**

前記緩衝酸化物蝕刻工程が、

HF、NH<sub>4</sub>F、およびH<sub>2</sub>Oを含む蝕刻剤を使うステップを含む、請求項24記載の方法。

**【請求項 26】**

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを、前記第一のハードマスク層へと転写するステップをさらに含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 27】**

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

高密度プラズマ蝕刻工程を用いるステップを含む、請求項26記載の方法。

**【請求項 28】**

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

前記第一のハードマスク層を、前記第二のハードマスク層の蝕刻速度の約五倍以上の速度で蝕刻するステップを含む、請求項27記載の方法。

**【請求項 29】**

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

前記第一のハードマスク層を、硫黄および酸素を用いたプラズマを使って蝕刻するステップを含む、請求項26記載の方法。

**【請求項 30】**

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

流量10sccmから75sccmの範囲で二酸化硫黄を処理室に流し入れるステップを含む、請求項29記載の方法。

**【請求項 31】**

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

流量20sccmから60sccmの範囲で二酸化硫黄を処理室に流し入れるステップを含む、請求項30記載の方法。

**【請求項 32】**

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

流量10sccmから100sccmの範囲で酸素を前記処理室に流し入れるステップをさらに含む、請求項30記載の方法。

**【請求項 33】**

前記第二のハードマスク層をトリムすることで得られるパターンを前記第一のハードマスク層へと転写するステップが、

アルゴンを前記処理室に流し入れるステップをさらに含む、請求項30記載の方法。

**【請求項 34】**

底部反射防止膜(BARC)層を、前記第二のハードマスク層の上に設けるステップをさらに含む、請求項1記載の方法。

**【請求項 35】**

前記底部反射防止膜層の厚さが、約200から約500の範囲である、請求項34記載の方

法。

【請求項 3 6】

前記集積回路の装置が、メモリを含む、請求項1記載の方法。

【請求項 3 7】

前記集積回路の装置が、マイクロプロセッサを含む、請求項1記載の方法。

【請求項 3 8】

前記レジスト層が、インプリントリソグラフィレジストを含む、請求項1記載の方法。

【請求項 3 9】

集積回路用のマスキング構造体であって、

対象層の上につくられた、第一のハードマスク層と、

前記第一のハードマスク層の上につくられ、且つ前記第一のハードマスク層を蔽うように構築されたマスキング部位を具えたパターンを有する、第二のハードマスク層と、

前記第二のハードマスク層の上につくられ、且つ前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位に対応したマスキング部位を具えたパターンを有する、レジスト層とを含み、ここで、

前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位の露出した側面の各々の平均粗さが、50 rms未満である

ことを特徴とする、マスキング構造体。

【請求項 4 0】

前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位の露出した側面の各々の平均粗さが、約10 rmsから約50 rmsの範囲である、請求項39記載のマスキング構造体。

【請求項 4 1】

前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位の巾が、前記レジスト層の前記対応するマスキング部位の巾とほぼ等しい、請求項39記載のマスキング構造体。

【請求項 4 2】

前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位の巾が、前記レジスト層の前記対応するマスキング部位の巾よりも狭い、請求項39記載のマスキング構造体。

【請求項 4 3】

前記第二のハードマスク層の前記マスキング部位の前記露出した側面の各々が、前記レジスト層の下に5 以上奥まっている、請求項42記載のマスキング構造体。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 4】

別の実施形態では、第二のハードマスク層 140 を、珪素含有有機材料からつくってよい。こうした珪素含有有機材料は、第一のハードマスク層 130 の作成に使用できる材料とは異なっている。珪素含有有機層の含む珪素の量は、層の総重量を基準にして約10wt%から約35wt%の範囲である。例示的な珪素含有有機材料は、SHB-A629（信越）である。第二のハードマスク層 140 の厚さは、約50 から約1,000 の範囲であるのが好ましく、約100 から約700 の範囲であるのがより好ましい。

【手続補正 3】

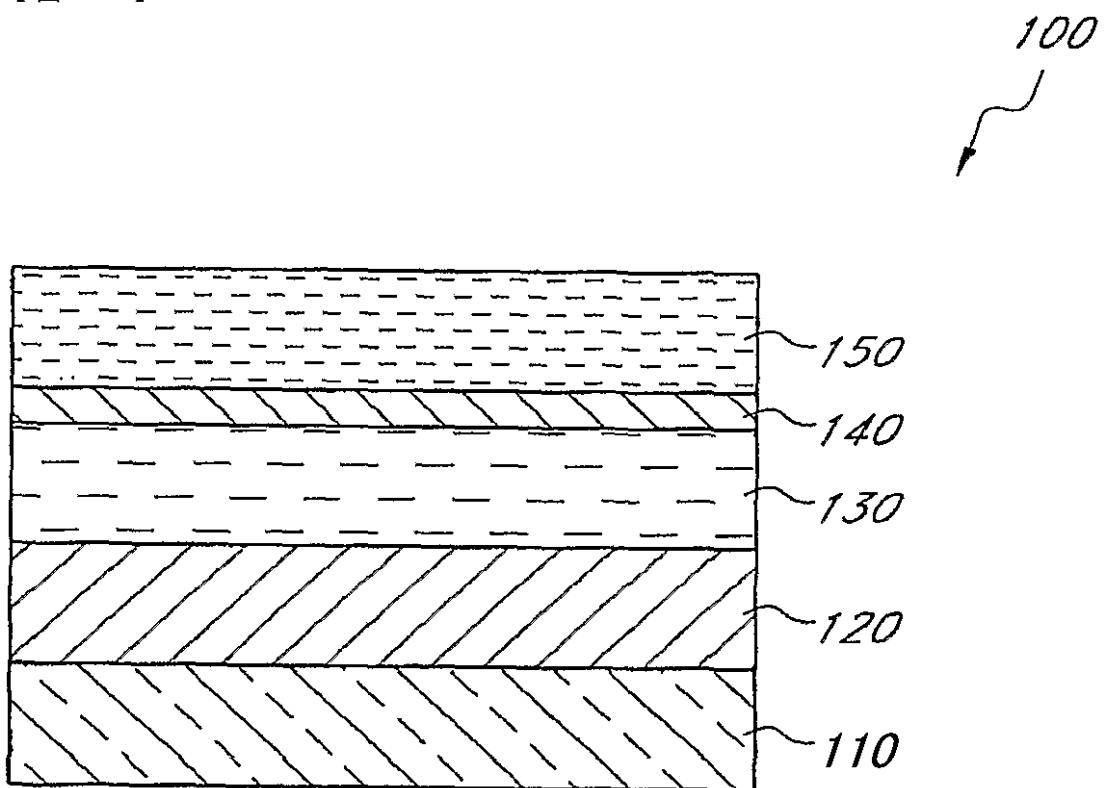
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 A

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1A】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2007/005639												
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. H01L21/033 H01L21/308 H01L21/311 H01L21/3213														
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														
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														
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category*</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">US 6 764 903 B1 (CHAN BOR-WEN [TW] ET AL) 20 July 2004 (2004-07-20)  columns 3-5; figures 1-6</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">1,2,5-9, 11-13, 15-23, 26-28, 34-40, 42,43</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">US 6 913 958 B1 (PLAT MARINA V [US] ET AL) 5 July 2005 (2005-07-05) the whole document</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">1-33, 36-41</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">US 2004/087092 A1 (HUANG MING-JIE [TW] ET AL) 6 May 2004 (2004-05-06)  paragraphs [0027] - [0038]; figures 4a-4d paragraphs [0040] - [0048]; figures 6a-6g</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">1,2,5-9, 11-15, 17-28, 34-41  -/-</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 6 764 903 B1 (CHAN BOR-WEN [TW] ET AL) 20 July 2004 (2004-07-20)  columns 3-5; figures 1-6	1,2,5-9, 11-13, 15-23, 26-28, 34-40, 42,43	X	US 6 913 958 B1 (PLAT MARINA V [US] ET AL) 5 July 2005 (2005-07-05) the whole document	1-33, 36-41	X	US 2004/087092 A1 (HUANG MING-JIE [TW] ET AL) 6 May 2004 (2004-05-06)  paragraphs [0027] - [0038]; figures 4a-4d paragraphs [0040] - [0048]; figures 6a-6g	1,2,5-9, 11-15, 17-28, 34-41  -/-
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
X	US 6 764 903 B1 (CHAN BOR-WEN [TW] ET AL) 20 July 2004 (2004-07-20)  columns 3-5; figures 1-6	1,2,5-9, 11-13, 15-23, 26-28, 34-40, 42,43												
X	US 6 913 958 B1 (PLAT MARINA V [US] ET AL) 5 July 2005 (2005-07-05) the whole document	1-33, 36-41												
X	US 2004/087092 A1 (HUANG MING-JIE [TW] ET AL) 6 May 2004 (2004-05-06)  paragraphs [0027] - [0038]; figures 4a-4d paragraphs [0040] - [0048]; figures 6a-6g	1,2,5-9, 11-15, 17-28, 34-41  -/-												
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input type="checkbox"/> See patent family 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 relating 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														
Date of the actual completion of the International search  11 July 2007		Date of mailing of the International search report  20/07/2007												
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  Szarowski, Anne												

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2007/005639

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/224606 A1 (LAAKSONEN REIMA TAPANI [US] ET AL) 4 December 2003 (2003-12-04)  paragraphs [0029] - [0043]; figures 3a-3f -----	1,2,5-9, 11-15, 17-25, 34-41
X	US 2006/046483 A1 (ABATCHEV MIRZAFER K [US] ET AL) 2 March 2006 (2006-03-02)  paragraphs [0021] - [0036]; figures 1A-1C paragraphs [0037] - [0042]; figures 2A-2D -----	1-9, 11-15, 18,20-40
X	US 6 900 002 B1 (PLAT MARINA V [US] ET AL) 31 May 2005 (2005-05-31)  column 1, line 20 - line 59; figure 1 column 5, line 16 - line 47 -----	1-9, 11-15, 18-40
X	US 2005/124162 A1 (VOLKEL LARS [DE]) 9 June 2005 (2005-06-09) -----	39-41
A	paragraphs [0010] - [0032]; figure 1A -----	10
X	US 2005/098091 A1 (BABICH KATHERINA E [US] ET AL) 12 May 2005 (2005-05-12) paragraphs [0029], [0030], [0034]; figures 1,2 -----	39-41

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2007/005639

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 6764903	B1	20-07-2004	NONE		
US 6913958	B1	05-07-2005	NONE		
US 2004087092	A1	06-05-2004	US 2005191832 A1		01-09-2005
			US 2004266134 A1		30-12-2004
US 2003224606	A1	04-12-2003	EP 1482541 A2		01-12-2004
			JP 2004031944 A		29-01-2004
US 2006046483	A1	02-03-2006	US 2006270230 A1		30-11-2006
US 6900002	B1	31-05-2005	NONE		
US 2005124162	A1	09-06-2005	DE 10356668 A1		30-06-2005
US 2005098091	A1	12-05-2005	NONE		

---

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,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,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,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,MG,MK,MN,MW,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 サプラマニアン, クルパカー ムラーリ  
アメリカ合衆国, アイダホ州 83716, ボイズ, サウス フクシア プレイス 5541

(72)発明者 ザオ, バオスウオ  
アメリカ合衆国, アイダホ州 83716, ボイズ, サウス バーバー ステーション ウェイ  
4177

F ターム(参考) 5F004 AA04 AA16 DA00 DA17 DA18 DB26 EA03 EA06 EA07 EA10  
EA22  
5F043 AA31 BB22 DD07  
5F046 LA18