

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5110409号
(P5110409)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/3065 (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)H01L 21/302 105A
H01L 21/30 502D

請求項の数 27 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2010-511238 (P2010-511238)
 (86) (22) 出願日 平成20年5月16日 (2008.5.16)
 (65) 公表番号 特表2010-531051 (P2010-531051A)
 (43) 公表日 平成22年9月16日 (2010.9.16)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2008/063943
 (87) 國際公開番号 WO2008/150673
 (87) 國際公開日 平成20年12月11日 (2008.12.11)
 審査請求日 平成23年4月22日 (2011.4.22)
 (31) 優先権主張番号 11/757,846
 (32) 優先日 平成19年6月4日 (2007.6.4)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 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, ポイズ, 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 サンデュ, ガーテ
 アメリカ合衆国, アイダホ州 83706
 , ポイズ, イースト パークリバー ドラ
 イブ 2964

審査官 粟野 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】自己組織化材料を使用するピッチマルチプリケーション

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体基板をパターン化するための方法であって、
 複数のブロック共重合体を含む層を提供するステップと、
 前記複数のブロック共重合体のうちの他のブロックを含む、横方向に分離された複数の
 マンドリルを残すために、前記複数のブロック共重合体のうちの一ブロックを選択的に除去するステップと、
 前記複数のマンドリル上にスペーサ材料をプランケット堆積するステップと、

前記複数のマンドリルの複数の側壁上に複数のスペーサを形成するために前記スペーサ
 材料をエッチングするステップと、

前記複数のスペーサ上に、選択的に画定可能な材料を堆積するステップと、

前記選択的に画定可能な材料内に他のパターンを画定するステップと、

前記複数のスペーサによって画定されるパターンを前記基板に転写するステップであつて、前記パターンおよび前記他のパターンから形成される組み合わせパターンを前記基板
 に転写するステップを含む、前記複数のスペーサによって画定されるパターンを前記基板
 に転写するステップと、

を含む、

ことを特徴とする方法。

【請求項2】

複数のブロック共重合体で形成される前記層を提供するステップは、

10

20

前記基板上にブロック共重合体溶液を堆積するステップと、
前記複数の共重合体の複数のブロックによって画定される繰り返しパターンを前記基板
上で形成するために、前記複数のブロック共重合体を構成する複数のブロックを分離する
ステップと、
を含む、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

複数のブロック共重合体で形成される前記層を提供するステップは、前記基板上に、横
方向に間隔の開いた複数の共重合体自己組織化ガイドを提供するステップをさらに含み、

前記ブロック共重合体溶液を堆積するステップは、前記複数の共重合体分離ガイド間に 10
前記ブロック共重合体溶液を堆積するステップを含み、

前記ガイドは、前記ブロック共重合体を形成するブロックを引き寄せる、もしくは反発
する材料で形成される、
ことを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記複数の共重合体分離ガイド間に前記ブロック共重合体溶液を堆積するステップは、
前記ガイド上に直接ブロック共重合体貯留層を形成するステップを含む、
ことを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記複数のスペーサによって画定される前記パターンを前記基板に転写する前に、前記
複数のマンドリルを除去するステップをさらに含む、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記複数のスペーサによって画定される前記パターンを前記基板に転写する前に、前記
複数のスペーサによって画定される前記パターンを下層のハードマスク層に転写するステ
ップをさらに含む、
ことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記ハードマスク層は、非結晶性炭素を含む、
ことを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記選択的に画定可能な層は、前記複数のスペーサ上および前記複数のスペーサ間に堆
積される、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記選択的に画定可能な層は、ネガティブフォトレジストである、
ことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記組み合わせパターンを前記基板に転写するステップは、前記複数のスペーサによ
って画定される前記パターンを部分的に作製された集積回路の配置領域に転写し、かつ、前
記他のパターンを前記部分的に作製された集積回路の周辺領域に転写する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

基板をパターン化するためのマスクを形成するための方法であって、
自己組織化材料の層を提供するステップと、
化学種によって画定される複数のドメインを有する繰り返しパターンを形成するために
、前記自己組織化材料の類似する前記化学種を集めるステップと、
前記化学種によって画定される前記繰り返しパターンの高さを伸長するステップと、
間隔の開いた複数のマンドリルを形成するために、前記化学種のうちの一つを優先的に
除去するステップと、

10

20

30

40

50

前記複数のマンドリルの複数の側壁上に複数のスペーサを形成するステップと、
を含む、
ことを特徴とする方法。

【請求項 1 2】

前記自己組織化材料は、ブロック共重合体を含む、
ことを特徴とする請求項 1 1に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記化学種によって画定される前記繰り返しパターンの前記高さを伸長するステップは
、
前記化学種によって画定される前記繰り返しパターン上に、追加自己組織化材料を堆積
するステップと、
10

前記化学種によって画定される前記複数のドメインに、前記追加自己組織化材料のうち
の類似する複数の化学的部位を調整するステップと、
を含む、
ことを特徴とする請求項 1 1に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記自己組織化材料、および前記追加自己組織化材料は、複数のブロック共重合体であ
る、
ことを特徴とする請求項 1 3に記載の方法。

【請求項 1 5】

集積回路作製のための方法であって、
ブロック共重合体層内に独立して一定間隔で間隔の開いた複数のプレースホルダーを画
定するために、前記ブロック共重合体層をウェットエッチングへと暴露するステップと、
前記複数のプレースホルダーの複数の側壁上に複数のスペーサを形成するステップと、
前記複数のスペーサに由来するパターンを下層の基板へと転写するステップと、
を含む、
ことを特徴とする方法。

【請求項 1 6】

前記独立して間隔の開いた複数のプレースホルダーは、垂直なラメラを含む、
ことを特徴とする請求項 1 5に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記独立して間隔の開いた複数のプレースホルダーは、垂直に伸長する分離された複数
の支柱を含む、
ことを特徴とする請求項 1 5に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記パターンを転写する前記ステップは、部分的に作製された集積回路の配置領域内に
均一に間隔の開いた複数の機構を画定するステップを含む、
ことを特徴とする請求項 1 5に記載の方法。

【請求項 1 9】

複数のスペーサを形成するステップは、
前記複数のプレースホルダー上にスペーサ材料の層をブランケット堆積するステップと
、
スペーサ材料の前記層を異方性エッチングするステップと、
を含む、
ことを特徴とする請求項 1 5に記載の方法。

【請求項 2 0】

基板と、
前記基板を覆いかつブロック共重合体材料を含む間隔の開いた複数のマンドリルと、
前記複数のマンドリルの複数の側壁に配置されたスペーサ材料であって、前記複数のマ
ンドリル間の開放容積を画定するスペーサ材料と、
50

を含み、

前記間隔の開いた複数のマンドリルのいくつかは、前記ブロック共重合体材料とは異なる第2の材料を含むことを特徴とするマスク構造体。

【請求項21】

前記共重合体材料は、架橋結合性単量体を含むことを特徴とする、請求項20に記載のマスク構造体。

【請求項22】

前記スペーサ材料は、前記複数のマンドリルを覆い、かつ前記複数のマンドリル間の前記基板上に拡張することを特徴とする、請求項20に記載のマスク構造体。

【請求項23】

前記スペーサ材料と前記基板との間に中間マスク層が配置されることを特徴とする、請求項20に記載のマスク構造体。

【請求項24】

前記中間マスク層は、非結晶性炭素層であることを特徴とする、請求項23に記載のマスク構造体。

【請求項25】

前記基板は、部分的に形成された集積回路であることを特徴とする、請求項20に記載のマスク構造体。

【請求項26】

前記第2の材料は、無機材料であることを特徴とする、請求項20に記載のマスク構造体。

【請求項27】

前記マンドリルは、70ナノメートル以下のピッチであることを特徴とする、請求項20に記載のマスク構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

【関連出願】

本出願は、2006年3月23日に出願された、Gurtej SandhuによるU.S. Patent Application No. 11/389,581、Topography Directed Patterning（代理人整理番号MICRON.342A）と、2006年6月2日に出願された、Gurtej SandhuによるU.S. Patent Application No. 11/445,907、Topography Based Patterning（代理人整理番号MICRON.349A）に関連する。これらの各参照の全開示は、本明細書に参照によって組み入れられる。

【0002】

【技術分野】

本発明は、集積回路作製のためのプリンティング技術を含む、マスク形成に関する。

【背景技術】

【0003】

【関連技術の記述】

携帯性、計算能力、メモリ容量およびエネルギー効率の増大のための要求を含む、多くの要因の結果として、集積回路はそのサイズが今なお縮小し続けている。集積回路を形成する構成要素機構（例えば、電子デバイスおよび相互接続配線）のサイズもまた、サイズ縮小を容易にするために絶えず縮小している。

【0004】

機構サイズの縮小傾向は、例えば、ダイナミックランダムアクセスメモリ（DRAMs）、フラッシュメモリ、スタティックランダムアクセスメモリ（SRAMs）、強誘電体（FE）メモリなどのメモリ回路、もしくはデバイスにおいて明白である。一例をあげると、DRAMは、典型的には、メモリセルとして知られる、無数の同質の回路素子を含む。メモリセルは、典型的には、二つの電子デバイス：ストレージキャパシタおよびアクセス電界効果トランジスタから成る。各メモリセルは、1ビット（2進数）のデータを格納

10

20

30

40

50

しうるアドレス可能な記憶場所である。ビットは、トランジスタを介してセルへと書き込まれ、かつ、キャパシタ内の電荷をセンスすることによって読み出されうる。メモリ技術の中には、記憶デバイスとスイッチの両方として作用する素子を使用するものもあり（例えば、銀をドープされたカルコゲニドガラスを使用するデンドリティックメモリ）、不揮発性メモリの中には、各セルのためのスイッチを必要としないもの（例えば、磁気抵抗RAM）、もしくは、メモリ素子の中にスイッチを組み込むもの（例えば、フラッシュメモリのためのEEPROM）もある。

【0005】

別の例においては、フラッシュメモリは、典型的には、電荷を保持しうる浮遊ゲート電界効果トランジスタを含む、無数のフラッシュメモリセルを含む。浮遊ゲート内に電荷が存在するか否かは、メモリセルの論理状態を決定する。ビットは、セルへと電荷を注入することによって、もしくはセルから電荷を除去することによって、セルに書き込まれうる。フラッシュメモリセルは、各々がビットを読み出すための異なるスキームを備える、異なるアーキテクチャ構造で接続されうる。“NOR”アーキテクチャ構造においては、各メモリセルは、ビット線へと結合され、個々に読み出されうる。“NAND”アーキテクチャ構造においては、メモリセルは、セルの“ストリング”に配列され、セルストリングのうちの一つ内のデータにアクセスするために、全ビット線が活性化される。

【0006】

一般的には、メモリセルを構成する電子デバイスのサイズ、およびメモリセルにアクセスする導線のサイズを縮小させることによって、メモリデバイスはより小さく形成されうる。さらには、記憶容量は、メモリデバイスの任意の領域に、より多くのメモリセルを割り当てることによって増加しうる。しかしながら、汎用および専用プロセッサを含む集積回路へとより一般的に適用可能であるような、機構サイズにおける縮小の必要性がある。

【0007】

機構サイズにおけるさらなる縮小は、機構を形成するために使用される技術に対して、より大きな要求をする。例えば、フォトリソグラフィーは、これらの機構をパターン化するために通常使用される。典型的には、フォトリソグラフィーは、レチクルを通して光を通過させるステップと、光化学的に活性のあるフォトレジスト材料上に光の焦点を合わせるステップとを含む。スライドがスクリーン上に投影されるべき像を有するように、レチクルは、典型的には、基板へと転写されるべきパターンを有する。レチクルを通して光もしくは放射を方向づけることによって、レチクル内のパターンは、フォトレジスト上に焦点を合わせられうる。光もしくは放射は、フォトレジストの照射部分内に化学変化を引き起こし、それによって、影になった部分に対して、その部分を（ポジティブフォトレジストとネガティブフォトレジストのいずれが使用されているかに依存して）選択的に保持するかもしくは除去することが可能になる。このように、暴露部分および非暴露部分は、フォトレジスト内にパターンを形成する。

【0008】

リソグラフィーは、典型的には、光もしくは放射を基板上に投影することによって成し遂げられるため、特定のリソグラフィー技術の最終的な解像度は、光学、ならびに、光もしくは放射の波長などの要因に依存する。例えば、レジスト上の明確に画定されたパターンに焦点を当てる能力は、機構のサイズ、およびレチクルを通して投影される放射の波長に依存する。解像度は、とりわけ回折によって、波長の増加とともに減少することを理解されたい。このように、より短い波長放射は、典型的には、機構のサイズが減少するにつれて、良好な解像度を有する機構を形成するために使用される。

【0009】

特定の波長放射と併せて、フォトリソグラフィーは、放射と適合するフォトレジストを使用する。現像された後に、フォトレジストは、下部材料へパターンを転写するためのマスクとして作用する。フォトレジストは、変形することなく現像ステップを持ちこたえるほど十分に頑強であり、かつ、下部材料へとマスクパターンを転写するためのエッチングを持ちこたえるほど十分頑強である。しかしながら、機構サイズが縮小するにつれて、

10

20

30

40

50

フォトレジストマスク機構の幅もまた縮小するが、典型的には、これらのマスク機構の高さにおいては、対応するような縮小はない。これらのマスク機構の高アスペクト比によって、現像およびパターン転写ステップの間、これらの薄いマスク機構の構造的な完全性を保持することが困難でありうる。結果として、機構サイズが縮小するにつれて、十分に頑強なフォトレジスト材料の有用性によって、機構をプリントするためのフォトリソグラフィーの能力が制限されうる。

【0010】

したがって、微小な機構をパターン化するための高解像度な方法の必要性が引き続き存在する。

【図面の簡単な説明】

10

【0011】

【図1】図1は、本発明の幾つかの実施形態に係る、被覆マスキング層を備える基板の概要断面図である。

【図2】図2は、本発明の幾つかの実施形態に係る、選択的に画定可能な層をパターン化した後の、図1の構造の概要断面図である。

【図3】図3は、本発明の実施形態に係る、ハードマスク層を介してエッチングされた後の図2の構造の概要断面図である。

【図4】図4は、本発明の幾つかの実施形態に係る、選択的に画定可能な層を除去した後の、図3の構造の概要断面図である。

【図5】図5は、本発明の幾つかの実施形態に係る、ハードマスク層内の機構間のスペースを拡張した後の、図4の構造の概要断面図である。

20

【図6】図6は、本発明の幾つかの実施形態に係る、自己組織化材料溶液の層を堆積した後の、図5の構造の概要断面図である。

【図7】図7は、本発明の幾つかの実施形態に係る、自己組織化材料の自己組織化後の、図6の構造の概要断面図である。

【図8】図8は、本発明の幾つかの実施形態に係る、自己組織化材料の自己組織化の結果として生じる材料のドメインの配置を示す、図7の構造の概要俯瞰図である。

【図9】図9は、本発明の幾つかの実施形態に係る、マンドリルを形成するために、自己組織化材料の幾つかのドメインを選択的に除去した後の、図7の構造の概要断面図である。

30

【図10】図10は、本発明の幾つかの実施形態に係る、スペーサ材料層を堆積した後の、図9の構造の概要断面図である。

【図11】図11は、本発明の幾つかの実施形態に係る、スペーサエッチング後の、図10の構造の概要断面図である。

【図12】図12は、本発明の幾つかの実施形態に係る、独立したスペーサのパターンを残すためにマンドリルを除去した後の、図11の構造の概要断面図である。

【図13】図13は、本発明の幾つかの実施形態に係る、下部基板へと独立したスペーサによって形成されるパターンを転写した後の、図12の構造の概要断面図である。

【図14】図14は、本発明の幾つかの実施形態に係る、スペーサ上に平坦化層を堆積した後の、図12の構造の概要断面図である。

40

【図15】図15は、本発明の幾つかの実施形態に係る、平坦化層をパターン化した後の、図14の構造の概要断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

ブロック共重合体の自己組織化する能力は、マスクパターンを形成するために使用されうる。ブロック共重合体は、二つ以上の化学的に異なるブロックから形成される。例えば、各ブロックは、異なる単量体で形成されうる。ブロックは非混和性もしくは熱力学的に非相溶、例えば、一方のブロックが極性を有し、他方は無極性である。熱力学的効果によって、共重合体は溶液内で自己組織化して、典型的には、システム全体としてのエネルギーを最小限化する。これは、例えばブロックがともに集合するなどの、共重合体のお互い

50

に対する移動を引き起こし、それによって各ブロックタイプもしくは各ブロック種を含む交互領域を形成する。例えば、共重合体が極性および無極性ブロックで形成される場合、無極性ブロックは他の無極性ブロックと集合し、極性ブロックは他の極性ブロックと集合するように、ブロックは分離する。全体として分子集団の移動率を増加するために熱が適用されうるが、特定の個々の分子の移動を方向づけるための外部力の能動的な適用なく、ブロックがパターンを形成するために移動することが可能であるため、ブロック共重合体は自己組織化材料として記述されうることを理解されたい。

【0013】

ブロック種間の相互作用に加えて、ブロック共重合体の自己組織化は、ブロック共重合体が堆積される表面上の段差のような地形的特徴によって影響されうる。例えば、ジブロック共重合体（二つの異なるブロック種から形成される共重合体）は、実質的に異なるブロック種で各々形成されるような、交互ドメインもしくは領域を形成しうる。ブロック種の自己組織化が階段の壁間の領域内で生じるとき、例えば、ブロックによって形成される交互領域の各々が、壁に対して平行に方向づけられた機構と均一なパターンを形成させられるように、階段はブロックと相互作用しうる。さらには、StoykovichらによるScience 308, 1442 (2005)、KimらによるNature 424, 411 (2003)、EdwardsらによるAdv. Mater. 16, 1315 (2004)に開示されるように、ブロック共重合体の自己組織化は、表面に段差を形成することなく、表面をフォトリソグラフィーで改変することによって誘導されうる。これらの参照の各々の全開示は、参照によって本明細書に組み込まれている。

【0014】

このように、半導体作製プロセスの間、自己組織化は機構をパターン化するためのマスクを形成する上で有用でありうる。例えば、交互ドメインのうちの一つが除去され、それによって、他の領域を形成する材料が残されて、マスクとして機能する。マスクは、下部半導体基板内の電子デバイスなどの機構をパターン化するために使用されうる。共重合体マスクを形成するための方法は、2006年3月23日に出願された、Gurtej SandhuによるU.S. Patent Application No. 11/389,581、Topography Directed Patterning（代理人整理番号MICRON.342A、Micron Ref. No.2005-0865）と、2006年6月2日に出願された、Gurtej SandhuによるU.S. Patent Application No. 11/445,907、Topography Based Patterning（代理人整理番号MICRON.349A、Micron Ref. No.05-0865）に開示され、これらの全開示は、本明細書に参照によって組み入れられている。自己組織化材料は、比較的小さなマスク機構を形成するために使用されうるが、絶えず続く集積回路の微細化によって、マスク機構のサイズにおける更なる縮小が望まれている。

【0015】

さらには、ブロック共重合体の長さは、それらのブロック共重合体のブロックによって形成されるドメインのサイズに対する本質的な制限となりうる。例えば、共重合体は、ドメインの所望のパターンへの自己組織化が容易になるような長さで選択され、より短い共重合体は所望の場合には、自己組織化しなくてもよい。

【0016】

本発明の実施形態は、ブロック重合体のみで形成されうるものよりも、より小さい機構の形成を可能にする。本発明の実施形態においては、異なる化学種で形成される自己組織化材料は、類似する化学種から成るドメインを形成するための組織化を許容される。それらのドメインのうちのいくつかは、マンドリルもしくは一時的なプレースホルダーを形成するために選択的に除去される。ピッチマルチプリケーションプロセスは、続いて、自己組織化材料から形成されるマンドリルを使用して実施される。マンドリルのピッチよりも小さいピッチを有する機構はマンドリルから導かれる。幾つかの実施形態においては、スペーサは、マンドリルの側壁上に形成され、マンドリルは選択的に除去される。スペーサ、もしくはスペーサ由来の他のマスク機構は、例えば、集積回路の作製の間、下部材料をパターン化するためのマスクの一部として使用される。

【0017】

マスク機構を形成しうる本発明の実施形態は、最新で、比較的複雑かつ費用のかかるリ

10

20

30

40

50

ソグラフィー技術を使用することなく形成され、フォトレジストの頑強さに対する負荷は、軽減されうる。例えば、マスク内の比較的柔軟で構造的に纖細なフォトレジストを使用するのではなく、スペーサもしくはスペーサに由来するマスク機構がマスクとして使用されうる。スペーサの使用は、スペーサのための種々の材料の選択を可能にし、材料は、プロセスフロー内で使用される下部材料との適合性および頑強さによって選択されうる。さらには、共重合体材料は下部層をパターン化するためのマスクとしては使用されないため、共重合体材料は、例えば、その頑強さおよびマスキング層を形成するための適合性に関わりなく選択されうる。むしろ、共重合体材料は、その自己組織化挙動とマンドリル内で使用するための適合性に基づいて選択され、それによってプロセスの許容範囲を増加させる。さらには、ブロック共重合体などの材料の自己組織化挙動は、非常に微細な機構の信頼性の高い形成を可能にし、それによって非常に微細な機構サイズを有するマスクの形成を容易にする。例えば、約 1 nm から約 100 nm、約 3 nm から約 50 nm、もしくは約 5 nm から約 30 nm のクリティカルディメンジョンを有する機構が形成されうる。

【 0 0 1 8 】

以下には図面に関する言及がなされ、その図面を通して、類似する参照番号は類似する部分に対するものである。図面は必ずしも一定の縮尺ではないことを理解されたい。

【 0 0 1 9 】

幾つかの実施形態に係る方法のうちの第一の段階においては、複数のマンドリルがブロック共重合体などの自己組織化材料から形成される。図 1 - 図 8 は、自己組織化を誘導するためのガイドもしくは段差機構を使用して所望のパターンへと自己組織化材料を自己組織化するための方法を示す。他の実施形態においては、自己組織化材料の自己組織化は、本技術分野で既知のいかなる方法によってでも方向づけされうることを理解されたい。

【 0 0 2 0 】

図 1 に関する、部分的に形成された集積回路 100 の断面図が示される。マスキング層 120、130 は、共重合体自己組織化のためのガイドを形成するために、基板 110 上に提供されうる。基板 110 を覆う層 120、130 のための材料は、使用されるべきブロック共重合体材料とその層との相互作用、本明細書で記述される種々のパターン形成およびパターン転写ステップの化学的性質および処理条件を考慮して選択される。例えば、より上部の層内のパターンは、より下部の層へと転写されるため、より下部のマスキング層 130 は他の露出された材料のうちの少なくとも幾つかに対して、選択的にエッチングされうるよう選択される。材料にとってのエッチング速度が、周囲の材料のエッチング速度よりも、少なくとも約 2 - 3 倍大きいか、少なくとも約 10 倍大きいか、少なくとも約 20 倍大きいか、少なくとも約 50 倍大きいときには、その材料は選択的に、もしくは優先的にエッチングされると考えられることを理解されたい。

【 0 0 2 1 】

パターンが転写される“基板”は、単一の材料、異なる材料から成る複数の層、その中に異なる材料もしくは異なる構造の領域を有する層、または複数の層などを含みうることを理解されたい。これらの材料は、半導体、絶縁体、導体、もしくはそれらの組み合わせを含みうる。例えば、基板は、ドープされたポリシリコン、単一の結晶電子デバイス活性領域、シリサイド、またはタンゲステン、アルミニウムもしくは銅層などの金属層、またはそれらの組み合わせを含みうる。幾つかの実施形態においては、以下に記述されるマスク機構は、基板内の相互接続などの導電性機構の所望の配置に直接対応しうる。他の実施形態においては、基板は、絶縁体であり、マスク機構の位置は、ダマシンメタライゼーションなどの導電性機構間の絶縁体の所望の位置に対応しうる。マスク機構は、ハードマスクとして使用され、基板を直接エッチングするか、または、別の下部層（例えば、基板などの一つ以上の下部層へとパターンを転写するためにその後使用される透過性炭素層などの炭素層）へとパターンを転写するために使用されうる。

【 0 0 2 2 】

さらに図 1 に関する、選択的に画定可能な層 120 は、基板 110 を覆うハードマスク、もしくはエッチストップ層 130 を覆う。選択的に画定可能な層 120 は、感光性で

10

20

30

40

50

あり、例えば、本技術分野で既知のあらゆるフォトレジストを含むフォトレジストから形成されうる。例えば、フォトレジストは、極紫外線システム（例えば13.4 nm波長システム）、157 nm、193 nm、248 nm、もしくは365 nm波長システム、もしくは193 nm波長浸漬システムと適合するあらゆるフォトレジストでありうる。フォトレジスト材料の実施例は、フッ化アルゴン（ArF）感受性フォトレジスト（すなわち、ArF光源と使用するために適切なフォトレジスト）、フッ化クリプトン（KrF）感受性フォトレジスト（すなわち、KrF光源と使用するために適切なフォトレジスト）を含む。ArFフォトレジストは、比較的短い波長の光、例えば193 nmを使用するフォトリソグラフィーシステムで使用される。KrFフォトレジストは、248 nmシステムなど、より長い波長のフォトリソグラフィーシステムで使用される。さらには、本発明の実施形態における自己組織化材料およびピッチマルチプリケーションの使用が、（13.4 nm波長システムを含む）極紫外システムもしくは電子ビームリソグラフィックシステムなどの、費用がかかり比較的新規の直接形成技術で、極めて微細な機構を画定する必要性を除く一方で、所望の場合にはこれらのシステムが使用されてもよい。さらには、マスクレスリソグラフィーもしくはマスクレスフォトリソグラフィーは選択的に画定可能な層120を画定するために使用されてもよい。他の実施形態においては、層120およびそれに続くあらゆるレジスト層は、例えば、レジスト内のパターンを形成するためのモールドもしくは機械力を使用することによって、ナノインプリントリソグラフィーによってパターン化されうるレジストで形成されうる。

【0023】

10

ハードマスク層130のための材料は、重合体ではない無機材料を含みうる。典型的な材料は、酸化シリコン（SiO₂）、窒化シリコン、シリコンもしくは、シリコンリッチ酸窒化シリコンなどの、誘電性反射防止コーティング（DARC）を含む。ハードマスク層130は、示される実施形態においては、窒化シリコンを含む。ハードマスク層130のための材料は、自己組織化材料の自己組織化を所望のパターンへと方向づけるために、直前に堆積された自己組織化材料と相互作用するように選択される。

【0024】

20

図2に関連して、感光性層120は、レチクルを通して放射に暴露され、その後、感光性材料で形成されるパターン含有機構122を残すように現像される。結果として生じる機構122（例えば配線）のピッチは、配線122の幅と隣接する空間124の幅の合計に等しいことを理解されたい。幾つかの実施形態においては、機構122のピッチは、例えば、約400 nm以下、約300 nm以下、約200 nm以下、もしくは約100 nm以下でありうる。典型的な実施形態においては、機構122は約140 nmのクリティカルディメンジョンと約280 nmのピッチを有しうる。

30

【0025】

図3に関連して、感光性層120内のパターンは、ハードマスク層130へと転写され、それによって、ハードマスク層130内にハードマスク機構132を形成する。ハードマスク層130が十分に薄い場合にはウェット（等方性）エッチングも適しているが、パターン転写は、フッ化炭素プラズマを使用するエッチングなどの異方性エッチングを使用して達成されうる。典型的なフッ化炭素プラズマエッチング化学は、CFH₃、CF₂H₂、CF₃HおよびCF₄/HBrを含む。図4に関連して、感光性層120を形成するレジストは、例えばプラズマ灰化によっても除去されうる。

40

【0026】

図5に関連して、ハードマスク機構132（図4）は、共重合体が自己組織化するためのガイド134を形成するためにトリミングされる。ハードマスク機構132は、他の露出された材料に対して、ハードマスク材料を選択的にエッチングするようなウェットもしくはドライエッチングを使用してトリミングされうる。トリムエッチングは、例えばSO₂/O₂/Arプラズマを使用して実施されうる。トリミングによって、従来のフォトリソグラフィーを使用して容易に形成されうるものよりも、より小さいクリティカルディメンジョンを有する機構の形成が可能になる。例えば、約140 nmのクリティカルディメ

50

ンジョンと約 280 nm のピッチを有するハードマスク機構 132 は、約 35 nm のクリティカルディメンジョンと約 280 nm の同一のピッチを有する共重合体自己組織化ガイド 134 を形成するためにトリミングされうる。他の実施形態においては、フォトレジスト機構 122 (図 2) は、ハードマスク機構 132 に加えて、もしくはハードマスク機構 132 の代わりにトリミングされ、それによって、ハードマスク機構 132 をトリミングする必要なく、所望のサイズのガイド 134 を形成することが可能になる。

【0027】

自己組織化材料、例えばブロック共重合体が続いて適用されて、自己組織化が可能になり、基板 110 上にマスクパターンを形成する。自己組織化されたブロック共重合体パターンを形成するための方法は、2004年 9月の Block, IEE Transaction in Nanotechnology, Vol.3, No.3, と U. S. Patent Application Nos. 11/389,581 および 11/445,907 に開示されており、各々の全開示は、本明細書に参照によって組み入れられている。

10

【0028】

図 6 に関連して、ブロック共重合体材料のフィルム 160 は、ガイド 134 の間およびその上に堆積される。共重合体は、お互いに対して選択的にエッチングされ、所望のかつ予測通りの方法で自己組織化しうる (例えば、ブロックは混合せず、適切な条件下で集合して、主として単一のブロック種を含むドメインを形成する) ような、重合体材料のブロックを含む。典型的に示される実施形態においては、共重合体はジブロック共重合体であり、例えば、ポリスチレン (PS) およびポリメチルメタクリレート (PMMA) を含む。ジブロック共重合体は、例えばトルエンなどの溶媒中に溶解されて提供されうる。各ジブロック共重合体の総サイズと構成ブロックおよび単量体の比率は、自己組織化を容易にするために、かつ、所望の寸法を有する組織化されたブロックドメインを形成するために選択されうることを理解されたい。例えば、ブロック共重合体は、ブロックドメインのサイズを左右する、あらゆる螺旋、もしくは捻れを含む、フィルム内の共重合体の平均的な末端間の長さと、固有の重合体長さスケールを有することを理解されたい。より長い共重合体を有する共重合体溶液は、より大きなドメインを形成するために使用され、より短い共重合体を有する共重合体溶液は、より小さなドメインを形成するために使用されうる。幾つかの実施形態においては、スペーサ 175 (図 12) 間に均一な空間を提供するマンドリルを提供するために、共重合体が選択される。他の実施形態においては、所望のパターンへの自己組織化を容易にするためにブロック共重合体が選択され、マンドリルは、例えばウェットもしくはドライエッチングによってトリミングされて、マンドリル間に所望の空間を提供する。ブロック共重合体は、例えば、スピノンコーティング、スピニキャスティング、ブラッシュコーティングもしくは蒸着を含む、種々の方法によって堆積されうる。

20

【0029】

共重合体フィルム 160 の厚さは、共重合体によって形成されるべき所望のパターンに基づいて選択されうる。重合体長さスケールと、重合体が配置される環境に関連する特定の厚さ (例えば、ガイド 134 の高さ間の距離) まで、共重合体は、典型的には、俯瞰図 (図 8) に示されるような、平行線を形成する、交互の、実質的なラメラドメインを形成するために、配向されることを理解されたい。このようなラメラは、例えば相互接続などのパターンを形成するために使用されるか、または、ラメラの外側延長部は、例えばトランジスターゲートなどの分離された機構を形成するために制限されうる。幾つかの状態下においては、フィルム 160 の厚さ、重合体長さスケール、および重合体が配置される環境に関連して、共重合体は、円柱もしくは球体などの垂直に伸長する支柱を形成するために適応されうる。

30

【0030】

ラメラを形成するために、共重合体フィルムの厚さは、フィルムを形成する共重合体のおおよその長さスケールよりも小さくなりうる。例えば、共重合体の長さスケールが約 35 nm の場合には、フィルムの厚さは約 35 nm 以下、約 30 nm 以下、もしくは約 25 nm 以下である。

40

50

【0031】

フィルム160の厚さは、ガイド134の高さよりも大きいか、等しいか、もしくはそれよりも小さいことを理解されたい。以下にさらに示され、記述されるように、ガイド134の高さよりも大きい厚さは、共重合体貯留層を提供するために使用されうる。他の実施形態においては、ガイド134の高さと等しいかそれよりも小さい厚さは、ガイド134間に共重合体の分離されたアイランドを形成するために使用され、それによってアイランド間に共重合体が交差拡散するのを防ぐ。

【0032】

本発明は理論により制約を受けない限り、異なるブロック種は、材料の相分離に類似するプロセスにおいて、熱力学的考察により、自己集合すると考えられることを理解されたい。自己組織化は、ガイド134によって誘導され、それによって、ブロック共重合体の構成ブロックが、界面相互作用によって、ガイド134の長さに沿って、自身を方向づけることが促進される。自己組織化は、結果として共重合体種のより効率的な充填をもたらしうることを理解されたい。結果として、幾つかの場合においては、共重合体フィルム160が拡張を大きく超えて伸長する場合には、自己組織化に利用可能な自由な共重合体は、消耗し、拡張の中間部領域は組織化された共重合体がない状態で形成されうるか、または、不完全に組織化された共重合体で形成されうる。したがって、幾つかの実施形態においては、共重合体フィルム160は、ガイド134間に生じる自己組織化のための共重合体の貯留層を提供するために、ガイド134上に伸長するための十分な厚さを有する。さらには、拡張部を大きく超えて生じうる消耗の影響を最小限化するために、ガイド134間の距離は、十分に小さくするように選択されうる。

10

【0033】

図7に関連して、共重合体フィルム160内のブロック共重合体は、自己組織化することが可能になる。自己組織化は、部分的に作製された集積回路100をアニールすることによって容易にされ、かつ、促進されうる。アニールの温度は、ブロック共重合体もしくは部分的に作製された集積回路100へと悪影響を及ぼすことを防ぐために十分に低くなるよう選択されうる。幾つかの実施形態においては、アニールは、約250より低い温度、約200より低い温度、もしくは約180で実施されうる。アニールは、共重合体の架橋結合を引き起こすためにも使用され、それによって、後のエッティングおよびパターン転写ステップで共重合体を安定化させる。

20

【0034】

アニール後の結果として生じるラメラのパターンは、図7に示される。あるブロック種（例えばPS）のドメイン162と他のブロック種（例えばPMMA）のドメイン164は、ガイド134間で交互に並ぶ。ブロックドメインのサイズはそれらを形成するブロック種のサイズによって決定されることを理解されたい。

【0035】

図8に関連して、図7の部分的に作製された集積回路の俯瞰図が示される。PSドメイン162は、PMMAドメイン164と交互であることがわかる。ドメイン162とドメイン164の両者は、ガイド134の長さに沿って伸長する。

30

【0036】

図9に関連して、ドメイン164は選択的に除去されて、ドメイン162と（図示されていない）ガイド134を残し、それらはピッチマルチプリケーションのためのマンドリルとして機能しうる。ドメイン164は、単一のエッティング化学を使用して单一ステップで除去されうるか、もしくは、異なるエッティング化学を伴う複数のエッティングを使用して除去されうる。例えば、ドメイン164はPMMAで形成され、ドメイン162はPSで形成される場合、ドメイン164は、例えば、エッチャントとして酢酸を使用して、選択的なウェットエッティングの実施によって除去されうる。他の実施形態においては、ドメインのうちの一つが他よりもより速い速度でエッティングされうる場合には、ドライもしくは異方性エッティングが適切でありうる。結果として生じる機構の寸法は、使用される共重合体のサイズとプロセス条件に依存して変化しうることを理解されたい。幾つかの実施形態

40

50

においては、結果として生じるパターンは、約 50 nm から約 2 nm、約 35 nm 以下から約 3 nm のクリティカルディメンジョンと、約 100 nm から約 4 nm、もしくは約 70 nm から約 6 nm のピッチを有する PS ドメインを含みうる。他の実施形態においては、ドメイン 162 および / もしくはガイド 134 が代わりに除去されてもよく、それによつてガイド 134 とともに、もしくはガイド 134 なしでドメイン 164 を残すことを理解されたい。

【 0037 】

続いて、図 10 に関連して、スペーサ材料の層 170 は、基板 110 を含む露出された表面上に沿ってプランケット堆積される。スペーサ材料は、下部材料へとパターンを転写するためのマスクとして作用しうる、あらゆる材料でありうる。スペーサ材料は、1) 良好な段差被覆率で堆積され、2) マンドリル 162 と適合する温度で堆積され、3) マンドリル 162、(もし存在するならば) ガイド 134、および下部基板 110 に対して選択的にエッティングされうる。スペーサ材料は、シリコン含有材料などの無機材料、もしくは、重合体などの有機材料でありうるが、そのいずれにも限定されない。シリコン含有スペーサ材料は、シリコン、酸化シリコン、および窒化シリコンでありうるが、そのいずれにも限定はされない。示される実施形態においては、スペーサ材料は酸化シリコンである。

【 0038 】

スペーサ材料堆積のための方法は、原子層成長法（例えば、シリコン前駆体との自己制御式堆積と、各々、シリコン酸化物および窒化物を形成するための酸素もしくは窒素前駆体への暴露を使用する）を含む。ALD は、相対的に低い温度（例えば、約 200 より低い、もしくは約 100 より低い温度）で実施され、それによって下部の熱的に感受性の高い材料への熱的損傷を防ぎうる。例えば、ALD は、ブロックドメイン 162 を形成する重合体材料への損傷を防ぐために使用されうる。他の実施形態においては、化学気相成長法がスペーサ材料を堆積するために使用される。

【 0039 】

層 170 の厚さは、スペーサ 175（図 12）の所望の幅に基づいて決定される。例えば、幾つかの実施形態においては、層 170 は、約 10 - 80 nm、もしくは約 20 - 50 nm の厚さへと堆積され、ほぼ類似する幅のスペーサを形成する。段差被覆率は、約 80 % 以上および、約 90 % 以上である。

【 0040 】

図 11 に関連して、シリコン酸化物スペーサ層 170 は、続いて、異方性エッティングへと暴露され、部分的に形成された集積回路 100 の水平表面 180 からスペーサ材料を除去する。このようなエッティングは、スペーサエッティングとしても知られているが、フッ化炭素プラズマ（例えば CF₄、CHF₃ および / もしくは NF₃ 含有プラズマ）を使用して実施されうる。

【 0041 】

図 12 に関連して、ブロックドメイン 162 および残りのあらゆるガイド 134 は除去され、独立したスペーサ 175 を残す。ブロックドメイン 162 およびガイド 134 は、スペーサ 175 に対してこれらの機構を選択的に除去するような、ウェットもしくはドライエッティングによって除去されうる。エッティングは、ブロックドメイン 162 およびガイド 134 を下部基板 110 に対しても選択的に除去しうる。ブロックドメイン 162 およびガイド 134 を形成する材料に依存して、同一のもしくは異なるエッティング化学が適用されうる。エッティング化学は、PS ブロックドメイン 162 を除去するための O₂ ベースカーボントリップエッティング、およびシリコン窒化物ガイド 134 を除去するためのリン酸ベースウェットエッティングを含むが、そのいずれにも限定はされない。

【 0042 】

このようにして、ピッチ増倍化マスク機構は形成された。示される実施形態においては、スペーサ 175 のピッチは、ブロック共重合体によって形成されるブロックドメイン 162（図 9）のピッチのほぼ半分である。例えば、ブロックドメイン 162 が約 200 n

10

20

30

40

50

mmのピッチを有する場合には、約100nm以下のピッチを有するスペーサ175が形成され、ブロックドメイン162が約60nm以下ピッチを有する場合には、約30nm以下のピッチを有するスペーサ175が形成されうる。スペーサ175はブロックドメイン162の側壁上に形成されるため、スペーサ175は、一般的にはブロックドメイン162の外形に従い、ゆえに典型的には閉ループを形成する。スペーサ175は、第一のパターン177を形成する。幾つかの実施形態においては、他のスペーサもしくはマスク機構を形成するためのマンドリルとしてスペーサ175を使用することによって、より高次のピッチマルチプリケーションが達成されうることを理解されたい。

【0043】

図13に関連して、パターン177は、基板110へと転写される。パターン転写は、スペーサ175に対して、基板110の材料もしくは複数の材料を選択的にエッチングするため適切なエッチング化学を使用して達成されうる。当業者は、基板材料にとっての適切なエッチング化学を容易に決定することが可能である。基板110が異なる材料の層を含むときは、単一の化学が全ての異なる材料をエッチングするのに十分でない場合に、連続した異なるエッチング化学（例えば、ドライ・エッチング化学）がこれらの異なる層を通して連続的にエッチングするために使用されてもよいことを理解されたい。使用される化学もしくは複数の化学に依存して、スペーサ175はエッチングされうることを理解されたい。示される実施形態においては、スペーサ175は、完全に磨滅することなく基板110のエッチングを完了するほど十分な高さを有する。

【0044】

図14に関連して、基板110を覆うマスクは、ドメイン162とガイド134を含むが、むき出しにされて、パターン化された基板110を残す。パターン転写の後、部分的に作製された集積回路100は、その後の処理ステップ（補助的電子デバイスおよび電子相互接続の形成を含む）を経て、例えばメモリチップなどの完成された集積回路を形成する。

【0045】

示された実施形態の種々の改変の可能性があることを理解されたい。例えば、図解および記述を容易にするためにジブロック共重合体の例として説明されたが、共重合体は二つ以上のブロック種で形成されてもよい。さらには、示された実施形態のブロック種は、異なる単量体で各々形成されたが、ブロック種は（複数の）単量体を共有してもよい。例えば、ブロック種は、異なる単量体の組（そのうちの幾つかが同一である）で形成されてもよいし、または同一の単量体で形成され、各ブロック内では異なる分布であってもよい。異なる単量体の組は、共重合体の自己組織化を駆動しうる、異なる特性を有するブロックを形成する。

【0046】

幾つかの実施形態においては、自己組織化材料の追加層180が、ブロックドメイン162、164およびガイド134の上に堆積され、それらのブロックドメインおよびガイド134によって画定されるパターンを垂直に伸長する。追加層180を形成する自己組織化材料は、ブロック共重合体などの共重合体でありうる。追加層180を形成する材料は、ドメイン162、164およびガイド134が自己組織化材料の組織化を方向づけることが可能なように、ブロックドメイン162、164およびガイド134と相互作用するように選択される。例えば、ブロックドメイン162、164およびガイド134は、極性、および無極性ブロック種を含み、層180もまた、極性および無極性ブロック種を有しうる。幾つかの実施形態においては、層180を形成する追加ブロック共重合体は、フィルム160のブロック共重合体と同一である。自己組織化材料で形成されるパターンを垂直に伸長するための方法は、2006年6月2日に出願されたGurtej SandhuによるU.S. Patent Application No. 11/445,907、Topography Based Patterning（代理人整理番号MICRON.349A）に開示され、その全開示は本明細書に参照によって組み入れられている。

【0047】

マスクパターン177を基板110へと転写する前、もしくは転写した後に、追加マス

10

20

30

40

50

クパターンがマスクパターン 177 (図 11) へと重ね合わせられうることを理解されたい。例えば、平坦化材料はスペーサ 175 の間およびその上に堆積され、平坦化材料は追加パターンを形成するためにパターン化されうる。マスクパターン 177 と組み合わせパターンを形成する、追加パターンは、下部基板 110 へと転写されうる。図 15 に関連して、平坦化材料はネガティブ、もしくはポジティブフォトレジストなどのフォトレジストでありうる。図 16 に関連して、フォトレジストは、追加パターンを形成するための放射に対する暴露によってパターン化されうる。ネガティブフォトレジストは、マスクパターン 177 の機構が非常に密接している (例えば、約 40 nm 以下のピッチを有する) 実施形態において使用されうる。ポジティブフォトレジストは、フォトレジストを光に対して完全に暴露させることができ困難であるため、このような微細なピッチのスペーサ間で除去することは困難でありうることがわかっている。一方で、光強度の増加は、酸化シリコンなどの幾つかの透過性スペーサ材料による光学的增幅によって、望ましくないフォトレジストの重合を引き起こしうる。ネガティブフォトレジストは、除去のために光へと暴露される必要がなく、それゆえ、スペーサ間のフォトレジストの除去、およびマスクパターン 177 との組み合わせにおける清浄なパターン形成が容易になる。

【0048】

幾つかの実施形態においては、基板を覆うハードマスク層 130 は、省略されうる。例えば、感光性材料は、共重合体の自己組織化のための温度および他の条件と適合する材料で形成されうるか、もしくは置換されうる。ならびに / または、スペーサ 175 は、基板 110 のための十分な選択性を有するエッチングが利用可能な基板 110 のエッチングのためのマスクとして使用されうる。

【0049】

幾つかの実施形態においては、追加マスキングレベルが基板 110 上に提供されうる。例えば、追加ハードマスク層はスペーサ 175 と基板 110 との間に提供されうる。パターン 177 は、基板 110 へと転写される前に、一つ以上の追加ハードマスク層へと転写されうる。追加ハードマスク層は、基板をエッチングするために使用されるエッチングに対して、より高い抵抗性を提供するために選択されうる。例えば、パターン 177 は、基板 110 へと転写される前に、非結晶性炭素層へと転写されうる。非結晶性炭素は、種々のシリコン含有材料をエッチングするためのハードマスクとして適切であることがわかっている。

【0050】

また、マスク層を介する “プロセッシング (処理) ” は、下部層をエッチングすることを包含し、マスク層を介するプロセッシングは、マスク層の下部の層をあらゆる半導体作製プロセスへと晒すことを含みうる。例えば、プロセッシングは、マスク層を介して、かつ、下部層上でなされる、イオン注入、拡散ドーピング、堆積、(特に重合体マスク下のハードマスクを使用する) 酸化、窒化などを含みうる。さらには、マスク層は、化学機械研磨 (CMP) のためのストップもしくはバリアとして使用されるか、または、CMP は、下部層の平坦化およびエッチングの両方を可能にするための層のうちのいずれにおいても実施されうる。そのことは、2005年8月31日に出願されたU.S. Patent Application No. 11/216,477 に記述されており、その全開示は本明細書に参照によって組み入れられている。

【0051】

さらには、示された実施形態は集積回路を作製するために適用されうるが、本発明の実施形態は、非常に微細な加工でのパターン形成が望まれるような、種々の他の用途においても適用されてもよい。例えば、本発明の実施形態は、格子、ディスクドライブ、記憶媒体もしくは、他のリソグラフィー技術 (X 線もしくはインプリントリソグラフィーを含む) のためのテンプレートもしくはマスクを形成するために適用されうる。例えば、位相シフトフォトマスクは、位相シフト材料コーティングを有するフィルムスタックを有する基板をパターン化することによって形成されうる。

【0052】

10

20

30

40

50

結果として、本明細書の記述から、本発明は種々の実施形態を含むことを理解されたい。例えば、本発明の幾つかの実施形態に係り、半導体基板をパターン化するための方法が提供される。方法は、ブロック共重合体を含む層を提供するステップを含む。ブロック共重合体のうちの1ブロックは選択的に除去され、ブロック共重合体のうちの他のブロックを含む横方向に分離されたマンドリルを残す。スペーサ材料はマンドリル上にプランケット堆積する。スペーサ材料は、エッチングされて、マンドリルの側壁上にスペーサを形成する。スペーサによって画定されるパターンは、基板へと転写される。

【0053】

本発明の他の実施形態に係り、基板をパターン化するためのマスクを形成するための方法が提供される。方法は、自己組織化材料の層を提供するステップを含む。自己組織化材料の類似する化学種は化学種によって画定されるドメインを有する繰り返しパターンを形成するために集合する。化学種のうちの一つは、間隔の開いたマンドリルを形成するために優先的に除去される。スペーサはマンドリルの側壁上に形成される。

【0054】

本発明のさらに他の実施形態に係り、集積回路作製のための方法が提供される。方法は、ブロック共重合体層において、独立した、均一に間隔が開いた、間隔の開いたプレースホルダーを画定するためにウェットエッチングへとブロック共重合体層を暴露するステップを含む。スペーサは、プレースホルダーの側壁上に形成される。スペーサ由来のパターンは、下部基板へと転写される。

【0055】

上記の記述に加えて、本発明の範囲から逸脱することなく、上述された方法および構造に対して、種々の削除、付加および改変がなされてもよいことを当業者には理解されたい。そのような全ての改変および変更は、付随する請求項によって定義されるような、本発明の範囲内に收まることを意図される。

【図1】

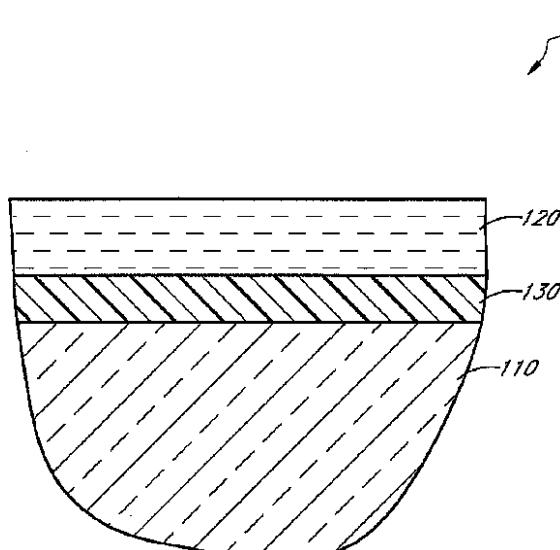


FIG. 1

【図2】

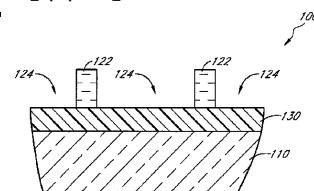


FIG. 2

【図3】

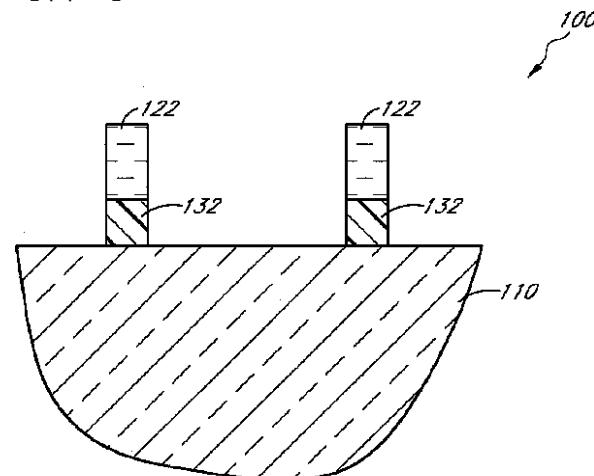


FIG. 3

10

20

【図4】

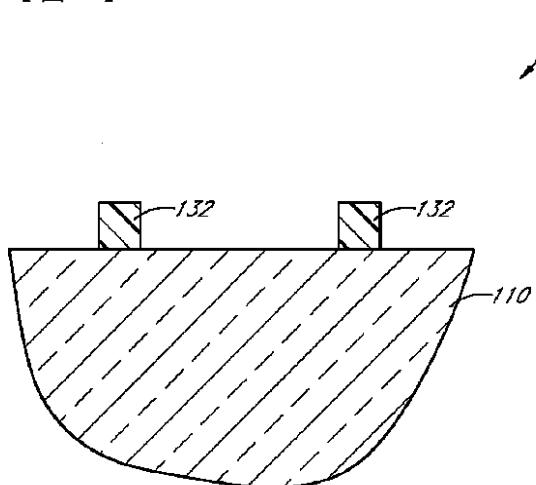


FIG. 4

【図5】

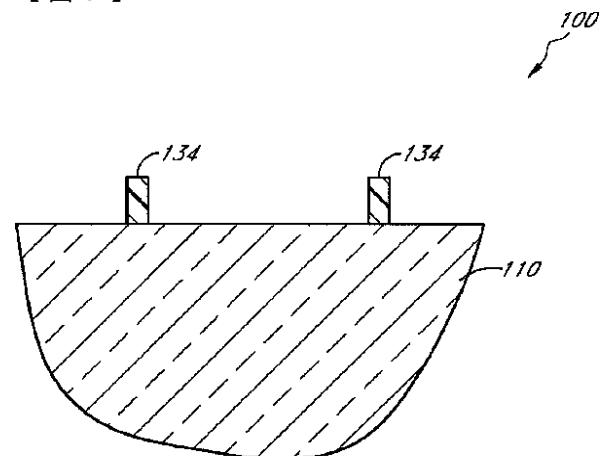


FIG. 5

【図6】

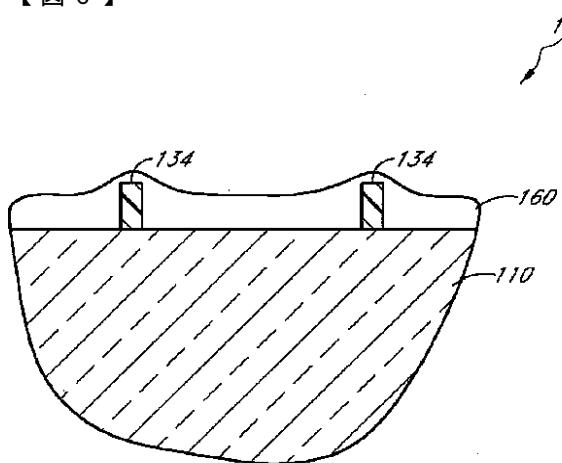


FIG. 6

【図7】

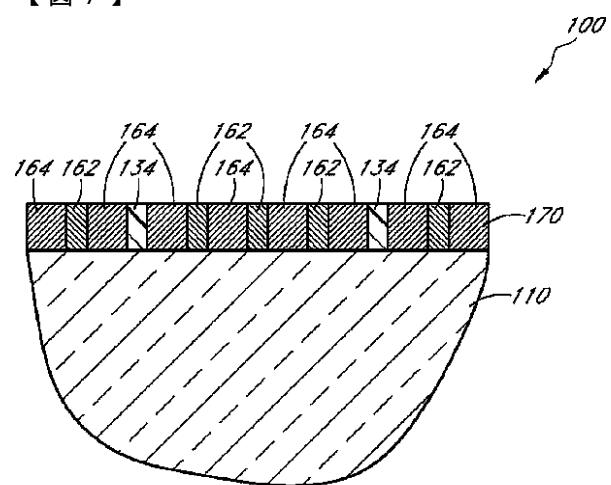


FIG. 7

【図 8】

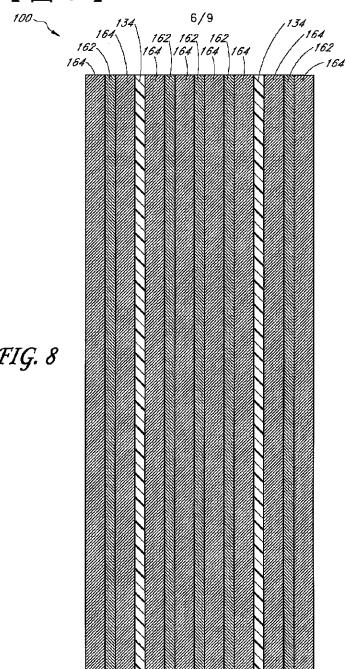


FIG. 8

【図 9】

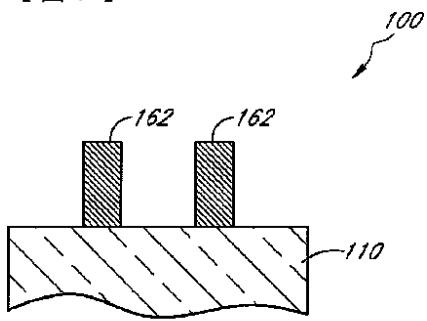


FIG. 9

【図 10】

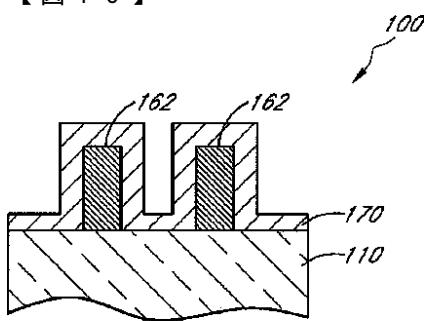


FIG. 10

【図 11】

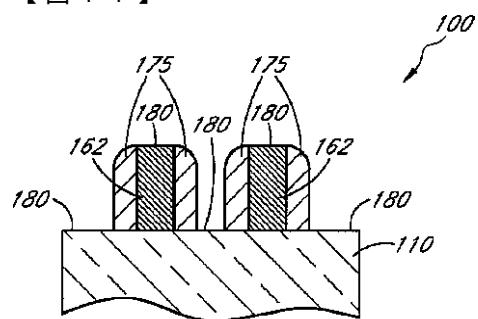


FIG. 11

【図 12】

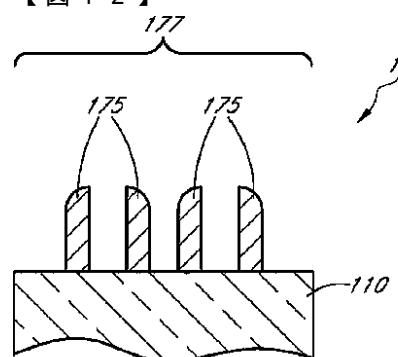


FIG. 12

【図 13】

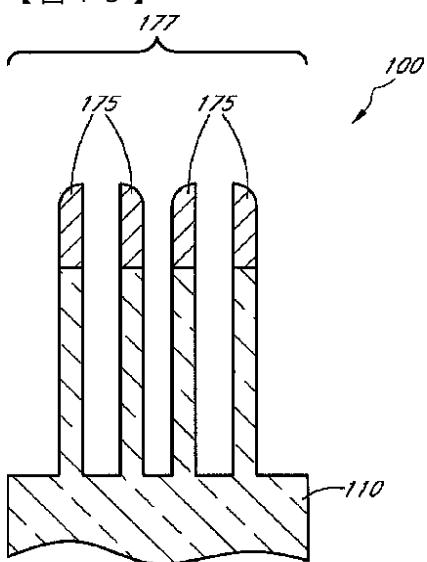


FIG. 13

【図14】

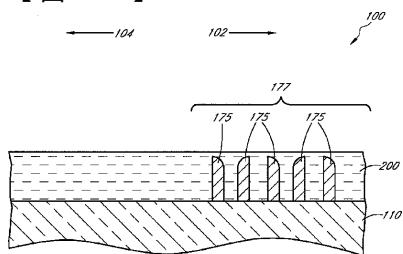


FIG. 14

【図15】

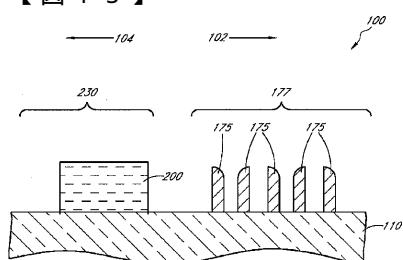


FIG. 15

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2006/026699 (WO, A1)
国際公開第2006/112887 (WO, A1)
国際公開第2006/101695 (WO, A1)
特開平06-216084 (JP, A)
特開昭64-042132 (JP, A)
特開2003-258296 (JP, A)
特表2010-522643 (JP, A)
特表2010-527137 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065
H01L 21/027
H01L 27/10
H01L 27/115
H01L 21/8247
H01L 29/788
H01L 29/792