

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4575154号
(P4575154)

(45) 発行日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(24) 登録日 平成22年8月27日(2010.8.27)

(51) Int.Cl.	F 1
H 01 L 21/027	(2006.01)
B 81 C 99/00	(2010.01)
G 03 F 7/11	(2006.01)
B 29 C 59/00	(2006.01)
	HO 1 L 21/30 502 D
	B 81 C 5/00
	G 03 F 7/11 503
	B 29 C 59/00

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2004-513847 (P2004-513847)
(86) (22) 出願日	平成15年6月3日(2003.6.3)
(65) 公表番号	特表2005-530338 (P2005-530338A)
(43) 公表日	平成17年10月6日(2005.10.6)
(86) 国際出願番号	PCT/US2003/017549
(87) 国際公開番号	W02003/107094
(87) 国際公開日	平成15年12月24日(2003.12.24)
審査請求日	平成18年6月2日(2006.6.2)
(31) 優先権主張番号	10/174,464
(32) 優先日	平成14年6月18日(2002.6.18)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	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 ウエスト 6501
(74) 代理人	100116322 弁理士 桑垣 衛
(72) 発明者	マンシーニ、デイビッド ピー。 アメリカ合衆国 85268 アリゾナ州 ファウンテン ヒルズ イースト パロ ミノ ブルバード 15325

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】多段リソグラフィックテンプレート、その製造方法、及び当該テンプレートを用いるデバイス作成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多段リソグラフィックテンプレートの製造方法であって、前記多段リソグラフィックテンプレートは、当該テンプレートに圧力を加えることによってレリーフイメージに流入した放射線感知材料に対して、多段リソグラフィックテンプレートを通じて放射線を伝送することによって、当該レリーフイメージに対応する前記放射線感知材料のパターンに更に変化を生じさせるものであり、

表面を有する透明基板を提供するステップと、

前記基板の表面上に硬質マスク層を堆積させるステップと、

前記硬質マスク層の表面上にパターンレジスト層を形成するステップと、

前記硬質マスク層と前記基板をエッチングし、そのことによって前記基板材料内に第1パターンレリーフ構造を規定するステップと、

前記パターンレジスト層と前記硬質マスク層を除去するステップと、

前記第1パターンレリーフ構造の最上面の上に少なくとも一つの追加パターンレリーフ構造を形成するステップとを備える方法。

【請求項 2】

多段リソグラフィックテンプレートの製造方法であって、前記多段リソグラフィックテンプレートは、当該テンプレートに圧力を加えることによってレリーフイメージに流入した放射線感知材料に対して、多段リソグラフィックテンプレートを通じて放射線を伝送することによって、当該レリーフイメージに対応する前記放射線感知材料のパターンに更に

10

20

変化を生じさせるものであり、

表面を有する透明基板を提供するステップと、

前記基板の上に第1エッチング停止層を形成するステップと、

前記第1エッチング停止層の上に第1パターニング層を形成するステップと、

前記第1パターニング層の表面上にパターンレジスト層を形成するステップと、

前記第1パターニング層をエッチングし、そのことによって前記レリーフイメージを規定する第1パターン層を規定するステップと、

前記パターンレジスト層を除去するステップと、

前記第1パターン層の表面上に第2エッチング停止層を形成するステップと、

前記第2エッチング停止層の上に第2パターニング層を形成するステップと、

前記第2パターニング層の表面上にパターンレジスト層を形成するステップと、

前記第2パターニング層をエッチングし、そのことによって前記レリーフイメージを規定する第2パターン層を規定するステップと、

前記パターンレジスト層を除去するステップとを備える方法。

【請求項3】

請求項1及び2のいずれか一項に記載の製造方法により製造された多段リソグラフィックテープレート。

【請求項4】

デバイスを作成する方法であって、

基板を提供するステップと、

前記基板に放射線感知材料層を塗布するステップと、

請求項1及び2のいずれか一項に記載の製造方法により製造された多段リソグラフィックテープレートを前記放射線感知材料層と接触させて、前記放射線感知材料層を前記テンプレートと前記基板の間に位置付けるステップと、

前記多段リソグラフィックテープレートに圧力を加えることによって前記放射線感知材料が前記多段リソグラフィックテープレート上のレリーフパターンに流入するステップと、

前記多段リソグラフィックテープレートを通じて放射線を伝送して、前記基板上の前記放射線感知材料層の少なくとも一部分を露出させることによって前記放射線感知材料層内のパターンに更に変化を生じさせるステップと、

前記基板から前記多段リソグラフィックテープレートを除去するステップとを備える方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイス、マイクロ電子デバイス、マイクロ電子機械デバイス、マイクロ液体デバイス、光子デバイスに関し、より詳細には、リソグラフィックテープレートと、多段構造を含むリソグラフィックテープレートを形成する方法と、多段リソグラフィックテープレートを用いて半導体デバイスを形成する方法とに関する。

【背景技術】

【0002】

集積回路の製造は、何らかの方法で相互に影響し合ういくつかの材料層の作成を含んでいる。これらの層の一つまたはそれ以上を、層のいろいろな領域が異なる電気特性を有するようにパターン化することができ、これらの領域を、層内で相互接続するか、他の層と相互接続して、電気部品と回路を作成することができる。これらの領域は、種々の材料を選択的に導入するか除去することによって作成することができる。そのような領域を規定するパターンは、しばしばリソグラフィックプロセスによって作成される。例えば、フォトレジスト材料層を、ウェハ基板を覆う層の上に塗布する。フォトマスク（透明領域と不透明領域を含む）を用いて、紫外線、電子、またはX線などの放射線によってこのフォトレジスト材料を選択的に露出させる。放射線に曝されたフォトレジスト材料か、放射線に

10

20

30

40

50

曝されていないフォトレジスト材料のいずれかを、現像液を用いることによって除去する。それから、残りのレジストによって保護されていない層にエッティングを適用してもよく、レジストを除去すると、基板を覆う層がパターン化される。

【0003】

上記のリソグラフィックプロセスは、フォトマスクからデバイスへパターンを転写するために一般的に用いられる。半導体デバイス上の構造物のサイズは、100ナノメータの範囲に至るサブミクロンの領域まで、相当に減少しているので、高密度半導体デバイスをパターン化するための新しいリソグラフィックプロセスまたは技術が必要である。この必要性を満たすと共にインプリンティングとスタンピングをベースにしたいくつかの新しいリソグラフィック技術が提案されている。特に、ステップ・アンド・フラッシュ・インプリント・リソグラフィー(SFIL)は、20nm程度の小さい線をパターン化できることが判明している。10

【0004】

SFILテンプレートは一般に、透明な水晶板に80～100mm厚のクロム層を塗布することによって作られる。レジスト層をクロム層に塗布し、電子ビームなど露光システムのいずれかを用いてパターン化する。その後、レジスト層を現像液内に置いて、クロム層の上にパターンを形成する。レジスト層は、クロム層をエッティングするためのマスクとして用いられる。クロム層はその後水晶板のエッティングのための硬質マスクとして働く。最後に、クロム層を除去することによって、水晶内のレリーフイメージを有した水晶テンプレートを形成する。20

【0005】

全体的に、SFIL技術は、その光化学独特の用途と、周囲温度の使用と、SFILプロセスを行うのに必要な低圧とをうまく利用している。一般的なSFILプロセスの間、基板には有機平坦化層が塗布されて、透明なSFILテンプレートに近接して配置される。このSFILテンプレートは一般に、水晶からなるものであり、レリーフイメージを有し、表面エネルギーの低い材料が塗布される。紫外線または深紫外線感知光硬化有機溶液を、テンプレートとコーティングされた基板との間に堆積させる。最少圧を用いて、テンプレートを、基板、より詳細には光硬化有機層と接触させる。次に、有機層を、テンプレートを通過する照射によって、室温で硬化または架橋させる。光源には一般に紫外線を用いる。テンプレートの透過特性と光硬化有機材の感光性次第で、150nm～500nmの波長範囲を使用可能である。次に、平坦化層上のテンプレートリーフの有機複製を残しながら、テンプレートを基板と有機層から分離させる。それから、このパターンを短ハロゲンブレークスルー(short halogen breakthrough)によってエッティングし、次に、酸素反応性イオンエッティング(RIE)によって、有機層と平坦化層の中に高解像度、高アスペクト比の特徴を形成する。30

【0006】

リソグラフィックマスクとリソグラフィックテンプレートの間の違いに注目すべきである。リソグラフィックマスクは、不透明領域と透明領域からなるパターンを有しており、光の空中イメージをフォトレジスト材料に伝えるためのステンシルとして用いられる。リソグラフィックテンプレートは、型を作成する、その表面にエッティングされたレリーフイメージを有している。SFILにおいては、パターンは、光硬化液がレリーフイメージに流入したのち硬化したときに画成される。従って、マスクとテンプレートにとって必要な属性は全く異なる。40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

SFIL技術は、20nm程度の小さい構造物に対する解像度を有することが判明している。このように、多様なサイズの構造物を単一ウェハ上に作成することができる。しかしながら、上記のSFILテンプレート製造方法論にはいくつかの問題がある。従来技術プロセスにおけるそのような問題の1つは、寸法が同じ構造物が作成される一方で、二次50

元段構造がS F I L技術を用いて作成できないことがある。一般的には、深さが一層であるため一「段」しか持っていないと考えられる單一段テンプレートが、S F I L技術を用いて作成される。マイクロエレクトロニクス用途またはM E M S用途を含む多くの種々の用途に使用するために、多段構造を作成する必要性が存在する。また、この多段構造は、Tゲート構成、回折光学素子、光格子カップラ、およびその他の構造に有用な層状レジストプロフィールを提供する。

【0008】

クロム硬質マスクのみが使用される場合、水晶テンプレートの均一エッチングに関しても問題がある。テンプレート上のエッチング深さは、最終的にウェハ上の光硬化レジスト層の厚みを決定し、結果として非常に重要であるということに注目しなければならない。より詳細には、エッチングの均一性の観点から、小さい構造物($< 200\text{ nm}$)についての微細荷重効果に関して問題がある。小さい構造物は大きい構造物よりも緩慢にエッチングされ、テンプレート全体に渡って、臨界寸法とエッチング深さの両方において非均一性を生じることが公知である。エッチング中の微細荷重効果のために、小さい構造物は完全にエッチングされず、大きい構造物のように深くエッチングされることもない。より詳細には、 200 nm 未満の線のエッチング深さは大きい構造物に対するよりも浅い。このことは、大きい構造物から小さい構造物まで厚みが均一でないレジストイメージを生じる。このため、三つの具体的な負の結果を生じる。即ち、(i)不十分な線幅制御、(ii)均一でないエッチング深さ(不十分なレジスト厚みの均一性を生じる)、(iii)丸くなったレジストプロフィー外形である。

【0009】

また、テンプレートの電子ビーム書き込みと、製造後のテンプレートの検査に問題がある。特に、電子ビーム露光中の電荷の増大を避けるために、導電層がなければならない。更に、单一材料からなるテンプレートのために、検査が容易ではない。一般的な検査システムは、光(紫外線または深紫外線)または電子を用いて、構造物サイズを決定し、テンプレート上の望ましくない欠陥を検出する。光をベースにしたシステムは、良好なイメージコントラストを得るために、テンプレートのパターン領域と非パターン領域との間の反射または屈折率の違いを必要とする。同様に、電子をベースにしたシステムは、テンプレートのパターン領域と非パターン領域との間の原子番号の違いを必要とする。この問題を克服するために、異なる光特性または異なる原子番号を有する複数材料が検査を可能にし、 100 nm 未満の構造物にとって必要である。

【0010】

従って、多段構造の製造が可能なテンプレートを提供することは有益であろう。

本発明の目的は、改善された多段リソグラフィックテンプレートと、改善された多段リソグラフィックテンプレートを製造する方法と、多段構造が達成された改善された多段リソグラフィックテンプレートによって半導体デバイスを作る方法を提供することにある。

【0011】

本発明の目的は、改善された多段リソグラフィックテンプレートと、改善された多段リソグラフィックテンプレートを製造する方法と、サブミクロン構造のための検査が可能な改善された多段リソグラフィックテンプレートによって半導体デバイスを作る方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、半導体デバイスと、マイクロ電子デバイスと、マイクロ電子機械デバイスと、マイクロ液体デバイスと、光子デバイスに関し、より詳しくは、多段リソグラフィックテンプレートと、多段リソグラフィックテンプレートを形成する方法と、多段リソグラフィックテンプレートを用いてデバイスを形成する方法とに関する。基板と、多段構造を形成する複数のレリーフ構造とを含む多段リソグラフィックテンプレートが開示されている。その中か最上面の上に、第1パターンレリーフ構造と追加パターンレリーフ構造とを形成しており、そのことによって多段リソグラフィックテンプレートを規定する透明基板を

10

20

30

40

50

提供することによって、多段リソグラフィックテンプレートが形成される。複数のパターンレリーフ構造は、標準的なリソグラフィックパターニング技術を用いて形成され、代替案においては、直接的にイメージング可能な誘電処理技術を用いて形成される。

【0013】

提供されたような多段リソグラフィックテンプレートによってデバイスを作る方法にも関する。この方法は、基板を提供するステップと、半導体基板に放射線感知材料を塗布するステップと、前に開示されたような多段リソグラフィックテンプレートを提供するステップと、多段リソグラフィックテンプレートを放射線感知材料と接触させるステップと、テンプレートに圧力を加えてパターンを放射線感知材料内に作成するステップと、多段リソグラフィックテンプレートを通って放射線を伝送して、基板上の放射線感知材料の少なくとも一部分を露出させ、そのことにより放射線感知材料内のパターンに更に変化を生じさせるステップと、基板から多段テンプレートを除去するステップとを備える。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明の前述の目的と利点および更に具体的な目的と利点は、図面と共になされるその好ましい実施態様の以下の詳細な説明によって当業者に明確とされる。

表示を簡単、明瞭にするために、図に示された要素は必ずしも一定の縮尺で描かれていないことは明らかである。例えば、要素のいくつかの寸法は、明瞭さのために、他の要素に対して誇張されている。また、適当と考えられる場合、参照数字は、対応要素または類似要素を示すために図面間で繰り返されている。

【0015】

本発明は、ステップ・アンド・フラッシュ・インプリント・リソグラフィー（S F I L）において使用される多段リソグラフィックテンプレートの製造に関する。ここでは、複数の材料層を基板表面上に堆積させることにより多段リソグラフィックテンプレートを形成することが提案されている。本発明による多段リソグラフィックテンプレートを形成する方法は、図1～図7に示すような標準的なリソグラフィック処理ステップを用いて、または、図8～図11に示すような直接的にイメージング可能な誘電処理ステップを用いて、多段リソグラフィックテンプレートを形成することを含むことが、この開示によって予期されている。また、開示された方法の組み合せは、本発明による多段リソグラフィックテンプレートを形成するために使用できることが、この開示によって予期されている。

【0016】

図1をより詳細に参照すると、本発明による多段リソグラフィックテンプレート10を製造するための第1プロセスにおける第1ステップが示されている。表面14を有する基板12が示されている。基板12は、光に対して透明な、水晶材料、ポリカーボネート材料、パイレックス（登録商標）材料、フッ化カルシウム（CaF₂）材料、フッ化マグネシウム材料（MgF₂）、または他の同様な種類の材料などの透明材料で構成されるものとして開示されている。基板12は、光の通過を可能にするための透明材料で形成されている。

【0017】

図1に示すように、基板12は、表面14上に第1エッチング停止層16が堆積されている。第1エッチング停止層16は、窒化珪素（SiN）、酸化珪素（SiO₂）、クロム（Cr）、酸化クロム（CrO）、酸化アルミニウム（AlO）、窒化アルミニウム（AlN）、窒化クロム（CrN）、酸化錫インジウム（ITO）、酸化インジウム（InO）、酸化錫（SnO）、酸化亜鉛（ZnO）、酸化カドミウム（CdO）、酸化アルミニウム銅（CuAlO）、酸化ガリウム銅（CuGaO）、酸化錫カドミウム（CdSnO）、または他の透明または半透明材料、およびその組み合せで形成されるものとして開示されている。ある種の材料を、特定のエッチングプロセスを必要とする基板12と第1パターニング層（以下に記載）のために用いる場合、第1エッチング停止層16は任意であり、第1パターニング層（以下に記載）は基板12の表面14上に直接堆積されることは明らかである。

10

20

30

40

50

【0018】

いま図2を参照すると、表面14に、第1エッチング層16と第1パターニング層18とパターンレジスト層20とが堆積された基板12が示されている。第1パターニング層18は、第1エッチング停止層16を構成する材料のみならず全体設計目的によって決まる不透明または透明な材料（以下に記載）のいずれかで形成されるものとして開示されている。更に具体的にいうと、使用される特定の種類の材料は、テンプレート10の製造を完成するためになされなければならない結果プロセスステップに関係のあることが開示されている。表面19を有する第1パターニング層18は、スピンドルコーティング、スパッタリング、蒸着、または同類のものによって、第1エッチング停止層16の表面17上に形成される。

10

【0019】

第1パターニング層18は一般に、第1エッチング停止層16のために用いられる材料と異なる反射率（または屈折率）または異なる原子番号を有する材料で形成されるものとして開示されている。この原子番号の違いは、すぐに述べるように、改善された検査特性を提供する。第1パターニング層18の製造に適したものとして開示されている透明材料は、二酸化珪素（SiO₂）、窒化珪素（SiN）、酸素窒化珪素（SiON）、酸化錫インジウム（ITO）、または同類のものである。第1パターニング層18の製造に適するものとして開示されている不透明材料は、タンゲステン（W）、珪化タンゲステン（WSi）、窒化珪素タンゲステン（WSiN）、タンゲステン合金、タンタル（Ta）、珪化タンタル（TaSi）、窒化珪素タンタル（TaSiN）、タンタル合金、チタン（Ti）、チタン合金、モリブデン（Mo）、珪化モリブデン（MoSi）、モリブデン合金、金（Au）、クロム（Cr）、または同類のものである。上記のように、基板自身がエッチング停止材料として十分機能することができるので、いくつかのパターニング層はエッチング停止層を必要としなくてもよいということに注目しなければならない。第1パターニング層18は、電子ビーム書き込みの間の電荷放散を促進するために使用することができる。更に、第1パターニング層18は、複数層において用いられるさまざまな材料のために、SEMをベースとしたテンプレート検査に役立つ。第1パターニング層18は、光硬化可能レジスト層にインプリントされる望ましいアスペクト比によって決まる厚みを一般的に有するものとして開示されている。特に、第1パターニング層18は、完成されたリソグラフィックテンプレートを用いての半導体デバイスの製造中、テンプレート製作とそれに続く取り扱いに伴う応力に耐えるのに十分な機械的強度と耐久性を有する必要がある。パターニング層18はそれ故、10～5000nmの間の厚みであって、好ましくは少なくとも50nmの厚みを有するものとして一般的に開示されている。

20

【0020】

パターンレジスト層20は、第1パターニング層18の最上面19の上にパターン化される。パターンレジスト層20は、標準的な光または電子ビームパターニング技術によって図2に示すようにパターン化される。パターンレジスト層20は、第1パターニング層18のその後のエッチングに対するマスクとして働くようにパターン化された有機ポリマーなどのこの分野で良く知られている標準的なフォトレジストまたは電子ビームレジスト材料で一般的に形成される。

30

【0021】

多段リソグラフィックテンプレート10の製造中、フォトレジスト層20は、第1パターニング層18を通してのエッチングに対するマスクとして働く。図3に示すように、第1パターニング層18は、第1エッチング停止層16の表面17までエッチングされるので、第1エッチング停止層16の部分22を露出させる。第1パターニング層18のエッチングは、標準的なウエットまたはドライエッチング技術によって行われる。最後に、レジスト層20を除去して、第1パターン層24を露出させる。この第1パターン層24は、表面25を有すると共に、図3に示すような寸法xを有している。この寸法xは多段リソグラフィックテンプレート10の最終用途によって決まる。

40

【0022】

50

いま図4を参照すると、次に、第2エッティング層26が、第1パターン層24の上と、第1エッティング停止層16の露出部22の上に堆積される。第2エッティング停止層26は、全体設計目的と、その後の層堆積とによって決まる、不透明または透明材料のいずれかで形成されるものとして開示されている。より詳細には、使用される特定の種類の材料は、テンプレート10の製造を完成するためになされなければならない結果プロセスステップに関係のあることが開示されている。第2エッティング停止層26は、前の層とその後の層を形成するために用いられる特定の材料によって決まる任意のものであってよいこともまた予期されている。第2エッティング停止層26が必要でない場合、第2パターン層(すぐに述べる)は第1パターン層24の表面上に直接形成される。

【0023】

10

第2エッティング停止層26の製造に適したものとして開示されている透明材料は、酸化クロム(Cr_xO_y)、酸化アルミニウム(Al_xO_y)、窒化アルミニウム(Al_xN_y)、窒化クロム(Cr_xN_y)、酸化珪素(SiO_2)、クロム(Cr)、酸化錫インジウム(ITO)、酸化インジウム(In_xO_y)、酸化錫(SnO)、酸化亜鉛(ZnO)、酸化カドミウム(CdO)、酸化アルミニウム銅(CuAlO)、酸化ガリウム銅(CuGaO)、酸化錫カドミウム(CdSnO)、窒化珪素(SiN)、これらの材料またはその他の透明または半透明導電性材料の組み合せ、または同類のものであり、 x および y は、前述の化合物における要素の相対濃度を示す値を持った正の数である。好ましい実施態様において、 x は0.1~1.0の範囲であり、 y は0.1~1.0の範囲である。一例として、定比酸化アルミニウムは Al_2O_3 である。しかしながら、不定比酸化アルミニウム膜は堆積が可能であり定比膜と同じ用途に役立つことは、当業者にとって明らかである。第2エッティング停止層26の製造に適したものとして開示されている不透明材料は、クロム(Cr)または同類のものである。第2エッティング停止層26は、残りの層のその後のパターンングを助成するために形成される。第2エッティング停止層26は、使用される材料の電荷伝導性のみならずパターンング層に対するエッティング選択性によって決まる厚みを有するものとして開示されている。特に、第2エッティング停止層26は、どんな微細荷重効果にも打ち勝つために、パターンング層と比べて十分小さいエッティング速度を有する必要がある。更に、第2エッティング停止層26は、完成されたリソグラフィックテンプレートを用いての半導体デバイスの製造中、テンプレート製作とそれに続く取り扱いに伴う応力に耐えるのに十分な強度を持たなければならない。第2エッティング停止層26はそれ故、1~1000nmの範囲の厚みであって、好ましくは少なくとも5nmの厚みを有するものとして一般的に開示されている。表面27を有する第2エッティング停止層26は、スピンドルコーティング、スパッタリング、蒸着、または同類のものによって、第1パターン層24の表面25上に形成される。

【0024】

20

いま図5を参照すると、その上に第1エッティング停止層16と第1パターン層24と第2エッティング停止層26が形成された基板12が示されている。更に、第2エッティング停止層26の表面27上に、第2パターンング層28が形成されている。第2パターンング層28は、第2エッティング停止層26を構成する材料のみならず全体設計目的によって決まる、不透明または透明材料のいずれかで形成されるものとして開示されている。更に具体的にいうと、使用される特定の種類の材料は、テンプレート10の製造を完成するためになされなければならない結果プロセスステップに関係のあることが開示されている。

【0025】

30

第1パターンング層18(前に紹介されている)と第2パターンング層28は一般に、それぞれ、第1エッティング停止層16または第2エッティング停止層26の基礎をなすために用いられる材料よりも異なる反射率(または屈折率)または異なる原子番号を有する材料で構成されるものとして開示されている。この原子番号の違いは、すぐに述べるように、改善された検査特性を提供する。第2パターンング層28の製造に適したものとして開示されている透明材料は、二酸化珪素(SiO_2)、窒化珪素(SiN)、酸素窒化珪素(SiON)、酸化錫インジウム(ITO)、または同類のものである。第1パターン

40

50

グ層 1 8 および第 2 パターニング層 2 8 の製造に適したものとして開示されている不透明材料は、タンゲステン (W) 、珪化タンゲステン (W_xS_y) 、窒化珪素タンゲステン (W_xN_y) 、タンゲステン合金、タンタル (Ta) 、珪化タンタル (Ta_xS_y) 、窒化珪素タンタル (Ta_xN_y) 、タンタル合金、チタン (Ti) 、チタン合金、モリブデン (Mo) 、珪化モリブデン (Mo_xS_y) 、モリブデン合金、金 (Au) 、クロム (Cr) 、または同類のものである。第 1 パターニング層 1 8 および第 2 パターニング層 2 8 は、電子ビーム書き込み中の電荷放散を促進するために使用することもできる。更に、パターニング層 1 8 , 2 8 は、複数層において用いられるさまざまな材料の電子散乱性のために、SEM をベースとしたテンプレート検査に役立つ。¹⁰ 第 2 パターニング層 2 8 は、第 1 パターニング層 1 8 と同様に、光硬化可能レジスト層にインプリントされる望ましいアスペクト比によって決まる厚みを一般的に有するものとして開示されている。特に、第 2 パターニング層 2 8 は、完成されたリソグラフィックテンプレートを用いての半導体デバイスの製造中、テンプレート製作とそれに続く取り扱いに伴う応力に耐えるのに十分な機械的強度と耐久性を有する必要がある。パターニング層 1 8 はそれ故、10 ~ 5000 nm の間の厚みであって、好ましくは少なくとも 50 nm の厚みを有するものとして一般的に開示されている。表面 2 9 を有する第 2 パターニング層 2 8 は、スピンドルコートィング、スパッタリング、蒸着、または同類のものによって、第 2 エッチング停止層 2 6 の表面 2 7 上に形成される。

【 0 0 2 6 】

いま図 6 , 7 を参照すると、表面 1 4 上に形成された第 1 エッチング停止層 1 6 と、第 1 エッチング停止層 1 6 の表面 1 7 上に形成された第 1 パターン層 2 4 と、第 1 パターン層 2 4 の表面 2 5 上に形成された第 2 エッチング停止層 2 6 と、第 2 エッチング停止層 2 6 の表面 2 7 上に形成された第 2 パターニング層 2 8 と、第 2 パターニング層 2 8 の表面 2 9 上に形成されたパターンレジスト層 3 0 とを有する基板 1 2 が示されている。より詳細には、第 2 パターニング層 2 8 の表面 2 9 上に、標準的な光または電子ビームパターニング技術によって図 6 に示すようにパターンレジスト層 3 0 が形成される。レジスト層 3 0 は、第 2 パターニング層 2 8 のその後のエッチングに対するマスクとして働くようにパターン化された有機ポリマーなどのこの分野で良く知られている標準的なフォトレジストまたは電子ビームレジスト材料で一般的に形成される。²⁰

【 0 0 2 7 】

製造中、フォトレジスト層 3 0 は、第 2 パターニング層 2 8 を通してのエッチングに対するマスクとして働く。図 7 に示すように、第 2 パターニング層 2 8 を、第 2 エッチング停止層 2 6 の表面 2 7 までエッチングし、そのことにより第 2 エッチング停止層 2 6 の部分 3 2 を露出させる。第 2 パターニング層 2 8 のエッチングは、標準的なウエットまたはドライエッチング技術によって行われる。次に、必要ならば、第 2 パターニング層 2 8 をオーバーエッチングして、第 2 エッチング停止層 2 6 に対して改善された均一停止を提供する。³⁰

【 0 0 2 8 】

最後に、多段テンプレート 1 0 を完成するために、レジスト層 3 0 を除去して、寸法 y を有する第 2 パターニング層 3 4 を露出させる。ここで、第 1 パターン層 2 4 の寸法 x は、第 2 パターン層 2 4 の寸法 y よりも大きい ($x > y$)。第 2 エッチング停止層 2 6 が不透明材料で形成されている場合、その後の放射線の通過を可能にするために、(図 7 に示すように) 第 2 エッチング停止層 2 6 の露出部分 3 2 を除去する必要がある。不透明な第 2 エッチング停止層 2 6 と第 2 パターニング層 2 8 とを含むこの方法での多段リソグラフィックテンプレート 1 0 の製造は、望ましくない残留フォトポリマーの最少化と、検査性の向上と、現在のテンプレート修理技術に対する適合性と、攻撃的な清掃に対する耐性と、望ましいパターン忠実度および転写属性のための無定形 / 低表面粗さ材料と、さまざまな材料層による改善されたテンプレートコントラストとをもたらす。⁴⁰

【 0 0 2 9 】

図 7 は、表面 1 4 を有する基板 1 2 と、基板 1 2 の表面 1 4 上にある第 1 エッチング停

10

20

30

40

50

止層 16 と、表面 25 を有する寸法 x の第 1 パターン層 24 と、第 2 エッチング停止層 26 の表面 27 の上にある寸法 y の第 2 パターン層 34 とを含む完成多段リソグラフィックテンプレート 10 の断面図である。ここで、 x は y よりも大きい。完成時、テンプレート 10 は、その中に多段レリーフイメージ 36 を規定する。第 1 パターン層 24 と第 2 パターン層 34 とによって規定された二層を有するレリーフイメージ 36 が述べられているが、二層よりも多い層を有するレリーフイメージを規定するための追加堆積パターン層が製造され含まれることが、この開示によって予期されていることは明らかである。追加層が望まれる場合、前に述べたパターニングステップが繰り返される。

【 0030 】

図 8 ~ 図 11 を参照すると、多段リソグラフィックテンプレートの製造ステップが簡略断面図で示されている。ここでは、イメージング可能誘電処理技術が製造中使用される。図 7 に示された部品と同様の図 8 ~ 図 11 のすべての部品は、異なる実施態様を示すために追加されたダッシュ記号を有する同様の番号によって示されている。

【 0031 】

レジスト、または、いったんパターン化されると第 2 層へのパターン転写を有効にするための中間層として使用されないパターニング層が含まれることが開示されている。パターニング層はむしろ、それがパターン化された後、実際に最終的なテンプレートレリーフ構造となる。このことは、フォトレジストのパターン化可能性と、テンプレートレリーフ層の要求される強固な機械的特性とを兼ね備えた独特な材料の賢明な使用によって可能となる。この機械的特性には、基板に対する高粘着強度と、高弾性率と、高せん断強度と、良好な熱安定性が含まれる。水素シリセスキオキサン (HSQ) などの材料は、非常に高解像度にパターン化が可能であり、いったん硬化すると、インプリントのためのテンプレートレリーフ構造に適した非常に安定した酸化珪素を形成する。同様な特性を持った材料が、HSQ のこの適用に取って代わることができる。しかしながら、放射線を感知しあつパターン化可能であって、テンプレートレリーフ層として作用するための適切な物理特性を持つすべてのそのような材料は、独特のものであり、本発明の核心をなすものであることに注目しなければならない。

【 0032 】

図 8 を参照する。一般的に図 1 ~ 図 7 の基板 12 と同様に形成された基板 12' が示されている。第 1 パターニング層 18' は、好みの実施態様においては、イメージング可能誘電材料で形成されるものとして開示されている。更に具体的にいうと、パターニング層は、FOX-15 (登録商標) としてダウコーミング社によって販売されている水素シリセスキオキサン (HSQ) などのイメージング可能酸化物で形成されるものとして開示されている。更に、パターニング層 18' は、イメージング可能窒化物またはイメージング可能酸窒化物などの別のイメージング可能誘電材料で形成可能である。テンプレート製造中、パターニング層 18' を、基板 12' の表面 14' 上に形成したのち、例えば約 160 の低温で加熱して、そこにあるすべての溶媒を除去する。

【 0033 】

図 8 に、その上にパターニング層 18' が形成された表面 14' を有する基板 12' が示されている。パターニング層 18' の加熱後、テンプレート層 18' を、標準的な光または電子ビームパターニング技術によって露出させ、それにより、図 9 に示すような寸法 x を有する、第 1 パターン層またはパターン化されたイメージング可能レリーフ構造 24' を形成する。この開示によって、層 18' の露出は、電子ビーム放射、X 線放射、深紫外線放射、イオンビーム放射、またはパターニング層 18' を露出させるその他の適当な放射を用いて達成できることが予期されている。第 1 パターニング層 18' を、基板 12' の表面 14' まで照射する。次に、パターニング層 18' を現像液中で洗浄し、イメージング可能層がネガティブに作用する場合は、パターニング層 18' のすべての非露出部分または非放射部分の除去によって、イメージング可能層がポジティブに作用する場合は、露出部分の除去によって、パターンを作成し、図 9 に示すように、残りのパターン化されたイメージング可能層 24' を生じる。

10

20

30

40

50

【0034】

更にこの開示によって、図8に示すようなテンプレート10'内のエッチング停止層21が含まれることが予期されている。この場合、エッチング停止層は、基板12' と第1パターニング層18'の間に挟まれて、基板12'の表面14'の上に形成されるのが好ましい。あるいは、エッチング停止層21は、テンプレート10'の層内のどこへでも形成することができる。エッチング停止層21は、それを構成する材料の種類によって決まり、導電性材料で形成される場合は電荷放散層として、誘電材料で形成される場合はコントラスト強調層として働く。エッチング停止層21は、電荷放散のために形成される場合、テンプレート製造中に電荷を放散することを特徴とする導電性材料であって、電子ビームによる露出と検査を可能にするための導電性材料で形成されるものとして開示されている。10
更に具体的にいうと、電荷放散特性を有するエッチング停止層は、アルミニウム(A1)、銅(Cu)、チタン(Ti)、クロム(Cr)、酸化インジウム(Indium oxide)、酸化錫(SnO₂)、酸化錫インジウム(ITO)、酸化亜鉛(ZnO₂)、酸化カドミウム(CdO)、酸化アルミニウム銅(CuAlO)、酸化ガリウム銅(CuGaO)、酸化錫カドミウム(CdSnO)、ポリアナリン、または、パターニング層から選択的に除去可能であって電荷を放散するように作用する他の導電性材料で形成されるものとして開示されている。電荷放散層として形成されるエッチング停止層21は、使用される材料の電荷伝導性によって決まる最小厚みを有するものとして開示されている。20
電荷放散特性を有するエッチング停止層21は、電子ビーム書き込み、または、層をパターン化するために用いられる他の放射形態(すぐに述べる)の間、電荷の放散を助成するように形成される。

【0035】

エッチング停止層21は、コントラスト強調のために形成される場合、光検査特性を有する材料で形成されるものとして開示されている。更に具体的にいうと、コントラスト強調特性を有するエッチング停止層は、窒化珪素(SiN)、酸化珪素(SiO₂)、酸化クロム(Cr_xO_y)、窒化アルミニウム(Al_xN_y)、窒化クロム(Cr_xN_y)、または、テンプレート10'の光検査を可能にするコントラスト強調特性を有する他の材料で形成されるものとして開示されている。

【0036】

エッチング停止層21は、1~1000nmの範囲の厚みであって、好ましくは少なくとも5nmの厚みを有するものとして一般的に開示されている。エッチング停止層21は、スピニコーティング、スパッタリング、蒸着、または同類のものによって形成される。30
図8に示す特定の実施態様においては、電荷エッチング停止層21はアルミニウム(A1)で形成されているので、パターニング層18'の上に堆積した電荷を放散させる。

【0037】

他の材料をテンプレート10'内に含めることができ、例えば、電子ビームリソグラフィー、光検査、または同類のものと共に必要なときはいつでも、電荷放散またはコントラスト強調の手段として用いることができるが、この開示によって予期されている。この材料は、照射源と干渉することによって解像度を低下させないように、非常に薄く形成されなければならない。処理の便宜上、このエッチング停止層を後で除去することが望ましいことがあり得るので、エッチング停止層を選択するための一つの基準は、除去の容易性である。この層の除去は、ウェットエッチングまたはドライエッチング技術を用いて行うことができる。しかしながら、結果として生じるパターンレリーフ層の高解像度を保つために、パターンレリーフ層からの除去は、高度に選択的な方法でなされなければならない。アルミニウム(A1)は、100~200の厚みに塗布されている場合、従来の湿式現像剤によって除去することができる、導電性を有する選択的に除去可能な材料の一例である。40

【0038】

いま図10を参照すると、第1パターン層24'の最上表面25'の上に堆積された第2パターニング層28'が示されている。好ましい実施態様における第2パターニング層50

28'は、イメージング可能な誘電材料で形成されるものとして開示されている。更に具体的にいうと、第1パターニング層18'に似た第2パターニング層28'は、FOX-15(登録商標)としてDow Comingによって売り出されている水素シルセスキオキサン(HSQ)などのイメージング可能な酸化物で形成されるものとして開示されている。更に、第2パターニング層28'は、イメージング可能な窒化物またはイメージング可能な酸窒化物などの別のイメージング可能な誘電材料で形成可能である。テンプレート製造中、第2パターニング層28'を、第1パターン層24'の表面25'上に形成したのち、例えば約160°の低温で加熱して、そこにあるすべての溶媒を除去する。次に、パターニング層28'を現像液中で洗浄し、イメージング可能な層がネガティブに作用する場合は、パターニング層18'のすべての非露出部分または非放射部分の除去によって、イメージング可能な層がポジティブに作用する場合は、露出部分の除去によって、パターンを作成し、図11に示すように、残りの第2パターン層またはパターン化されたイメージング可能なリーフ層34'を生じる。

【0039】

テンプレート10'の製造中、化学増幅をイメージング可能な材料の化学構造の中で採用して、放射要求を下げることができることは明らかである。更に具体的にいうと、化学増幅が提案される場合、第2加熱ステップは一般的に、第1パターニング層18'または第2パターニング層28'の照射後に行われるが、必ずしもそうでなくてもよい。更に、リーフ構造を形成した後に、軽プラズマエッチングを含む、かす取りプロセスを行って、すべての残りの透明誘電材料、特に、清掃されるべき領域内に残っているすべての残りの第1パターニング層18'または第2パターニング層28'を除去することができる。

【0040】

図11は、表面14'を有する基板12'と、表面25'を有する寸法xの第1パターン層24'と、第1パターン層24'の表面25'の上にある寸法yの第2パターン層34'を含む完成多段リソグラフィックテンプレート10'の断面図である。ここで、xはyよりも大きい。完成時、テンプレート10'は、その中に多段リーフイメージ36'を規定する。第1パターン層24'と第2パターン層34'とによって規定された二層を有するリーフイメージ36'が述べられているが、二層よりも多い層を有するリーフイメージを規定するための追加堆積パターン層が製造され含まれることが、この開示によって予期されていることは明らかである。

【0041】

また、前に開示された二つの技術の組み合せ、即ち、テンプレート層の一部分を、図1～図7に関して前に説明したような標準的なリソグラフィック処理技術を用いて形成する技術と、テンプレート層の一部分を、図8～図11に関して前に説明したような直接的にイメージング可能な誘電処理技術を用いて形成する技術との組み合せを含む、多段リソグラフィックテンプレートの製造が、この開示によって予期されている。更に具体的にいうと、完成されたテンプレートの使用目的に応じて、第1パターン層を、図1～図7に関して前に説明したような標準的なリソグラフィック処理技術を用いて形成し、第2パターン層を、図8～図11に関して前に説明したような直接的にイメージング可能な誘電処理技術を用いて形成するか、あるいは、その逆を行う、多段リソグラフィックテンプレートが予期されている。

【0042】

平面内歪みと平面外歪みまたはそのいずれかを防止するために、構造10または10'を構成する層内に挟まれた応力補償層(図示せず)がオプションとして含まれることが、この開示によって予期されていることが、更に開示されている。更に具体的にいうと、第1エッチング停止層16のいずれかの側か、第1パターン層24の上面か、図11に示すような基板12'の隣のテンプレート層の中のどこかに設けられた応力補償層が含まれることが、この開示によって予期されている。別の好ましい実施態様においては、応力補償層は、基板12と第1エッチング停止層16の間に挟まれて形成される。応力補償層が含まれる場合は、それは、酸化物、窒化物、特に Si_xO_y 、 Si_xN_y 、 SiON 、また

10

20

30

40

50

は酸化錫インジウム(ITO)などの酸窒化膜、酸化インジウム(Indium oxide)、酸化錫(SnO₂)、酸化亜鉛(ZnO₂)、酸化カドミウム(CdO₂)、酸化アルミニウム銅(CuAlO)、酸化ガリウム銅(CuGaO)、酸化錫カドミウム(CdSnO)、または、その他の透明または半透明導電性材料およびその組み合せで形成されることが予期されている。応力補償層は、構造10/10'を構成する層に働く力であって、層を弓なりに曲げるか、x、y、またはz表面内の形成された構造物の歪みを生じる力を阻止するためのものである。応力補償層の厚みは5nmから5μmの範囲にあり、一般的には200nmである。この厚みは、堆積された膜の性質と種類および膜の応力補償要求に応じて調節することができる。

【0043】

10

更に、図11に示すように、層38として示された応力補償層にとっての更なる利点は、応力補償層38が基板12'の表面13に設けられたとき実現される。応力補償層38は、前に述べたように応力補償層として役立つのに加えて、今やテンプレート10'が静電的に保持されるようにすることができる。テンプレート10'の静電気的チャッキング(保持)は、書き込みプロセス中、テンプレート10'を動かないようにし、更に、リソグラフ露出中、テンプレート10'を確実に平らに保持するようとする。

【0044】

図12～図16は、本発明の多段リソグラフィックテンプレートを形成する更にもう一つの別の方針におけるステップを示す。図1～図7に示された部品と同様の図12～図16のすべての部品は、異なる実施態様を示すために追加された二重ダッシュ記号を有する同様の番号によって示されていることに注目しなければならない。更に具体的にいうと、図12に示されたテンプレート10"は基板12"で構成されている。基板12"は一般に、前に説明した基板12および12'に同様に形成される。基板12"の最上面14"の上には、硬質マスク層15が形成されている。硬質マスク層15は、クロム(Cr)、珪化モリブデン(MoSi)、タンタル(Ta)、窒化タンタル(TaN)、窒化珪素タンタル(TaSiN)、または窒化クロム(CrN)で構成された材料層を堆積させることによって形成される。硬質マスク層は、テンプレート10"の処理中、電荷放散層として働き、それ故、テンプレート10"の使用目的に応じて任意である。

20

【0045】

図12に、基板12"と硬質マスク層15とで構成されたテンプレート10"を示す。硬質マスク層15の最上面の上に、図13に示すように、前に説明したテンプレート10のパターンレジスト層20と一般的に同様に形成されるパターンレジスト層20"を形成する。製造中、図14に示すように、パターンレジスト層20"を、硬質マスク層15と、基板12"の一部分のエッチングのために設ける。エッチング後にパターンレジスト層20"と硬質マスク層15を除去し、そのことにより寸法yのレリーフ構造34"をその中に規定した基板12"を露出させる。追加マスキング層とパターンレジスト層を含むその後の処理ステップを行って、基板12"の中に寸法xの第2レリーフ構造24"を規定する。ここで、寸法xは寸法yよりも大きい。図16に示すように、テンプレート10"は、基板12"の最上面14"内に多段パターンレリーフイメージ36"を規定している。標準的なリソグラフィック処理技術か、テンプレート10および10'に関して前に説明したイメージング可能誘電処理技術を用いて、基板12"の最上面14"内に第1レリーフ構造を形成すると共に、第1レリーフ構造の最上面に少なくとも一つの追加レリーフ構造を形成するテンプレートの製造が、この開示によって予期されていることは明らかである。

40

【0046】

図17に、本発明に従って製造された、図1～図7の多段テンプレートか、図8～図11のテンプレート10'か、図12～図16のテンプレート10"のいずれかと一般的に同様な多段リソグラフィックテンプレートを用いて半導体デバイスを製造するプロセスフローチャートを示す。最初に、図1～図7か、図8～図11か、図12～図16に対して与えられた説明に従って、多段リソグラフィックテンプレートを製造する(42)。次に

50

、半導体基板 44 を提供する(44)。光硬化有機層またはフォトレジスト層などの放射線感知材料を半導体基板に加える(46)。この半導体基板は、溝および拡散領域または同類のもののみならず、例えば、ポリシリコン、酸化物、金属などの被覆デバイスまたはデバイス層を有することができる。それから、放射線感知材料層が塗布された半導体基板をリソグラフィックテンプレートに隣接、接触させる(48)。放射線感知材料層がテンプレート上のレリーフイメージに流れ込むように、テンプレートにわずかな圧力を加える(50)。それから、放射線を、基板とエッチング停止層とパターニング層(パターニング層が透明な場合)を含むリソグラフィックテンプレートを通じて伝送し(52)、放射線感知材料層が塗布された半導体基板上に投影して、放射線感知材料層内に更にパターンを規定、露出させる。その後、テンプレートを半導体デバイスから除去する(54)し、そのことにより、それに続く処理に対するイメージ層として使用されるパターン有機層を残すことができる。それからフォトレジスト層を、イオンインプランテーションと共にマスクとして使用して、半導体基板内にインプラント領域を形成するか、または、従来のリフトオフ技術、ウェットエッチング、またはドライエッティングと共に使用して、半導体基板の中か半導体基板を覆うデバイス層の中へパターンを転写することができる。本発明に従って製造される多段テンプレートは、半導体デバイスを製造するために使用されるものとして、好ましい実施態様の中で説明されているけれども、マイクロ電子デバイス、マイクロ電子機械デバイス、マイクロ液体デバイス、および光子デバイスを形成するための、図1～図7のテンプレート10か、図8～図11のテンプレート10'か、図12～図16のテンプレート10"のいずれかと一般的に同様のテンプレートの使用が予期されていることは明らかである。10

【0047】

ここに含まれた前述の説明は、本発明に関する利点の多くを示している。特に、本発明は、リソグラフィック印刷において用いられる多段テンプレートを提供する。更に、本発明による多段テンプレートおよび多段テンプレート構造を製造する方法は、サブミクロン構造の検査が可能な多段テンプレートを提供する。20

【0048】

従って、多段リソグラフィックテンプレートと、その形成方法と、前に述べた必要性と利点を完全に満足する使用方法とが、本発明に従って提供されていることは明らかである。本発明を、その具体的な実施態様に関して説明したが、本発明がこれらの例示的実施態様に限定されることは意図されていない。本発明の精神から逸脱することなしに修正および変更を行うことができることは、当業者にとって明らかであろう。それ故、本発明はそのようなすべての変更と修正を添付請求の範囲内に入るものとして含むことが意図されている。30

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第1の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図2】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第1の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。40

【図3】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第1の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図4】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第1の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図5】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第1の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図6】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第1の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図7】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第1の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。50

【図 8】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第 2 の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図 9】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第 2 の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図 10】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第 2 の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図 11】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第 2 の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図 12】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第 3 の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

10

【図 13】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第 3 の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図 14】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第 3 の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図 15】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第 3 の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図 16】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを製造するための第 3 の開示されたプロセスにおけるステップを示す断面図。

【図 17】本発明に従って多段リソグラフィックテンプレートを用いて半導体デバイスを製造する簡略プロセスフローチャート。

20

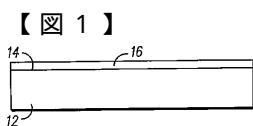


FIG. 1

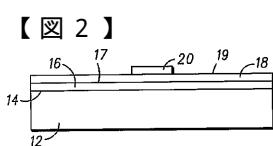


FIG. 2

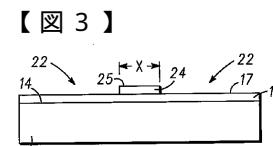


FIG. 3

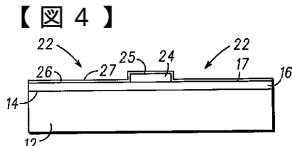


FIG. 4

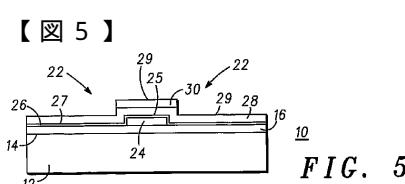


FIG. 5

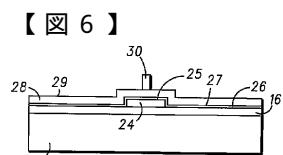


FIG. 6

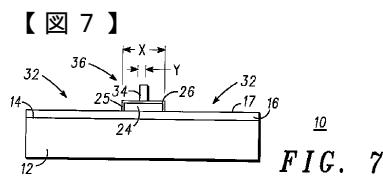


FIG. 7

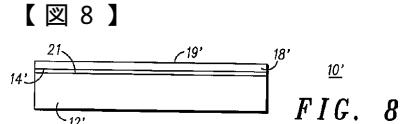


FIG. 8

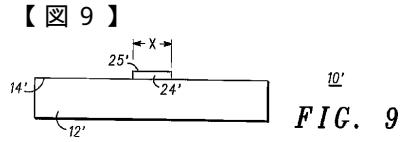


FIG. 9

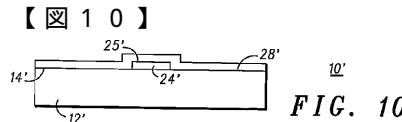


FIG. 10

【図 1 1】

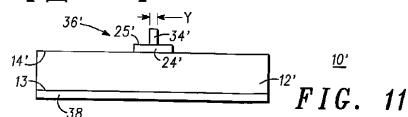


FIG. 11

【図 1 2】

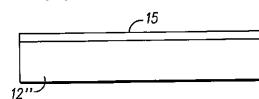


FIG. 12

【図 1 3】

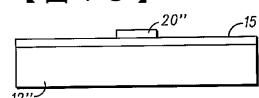


FIG. 13

【図 1 4】

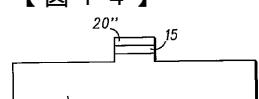


FIG. 14

【図 1 5】

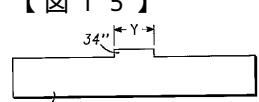


FIG. 15

【図 1 6】

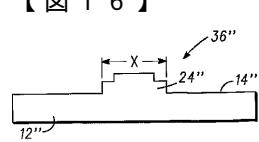
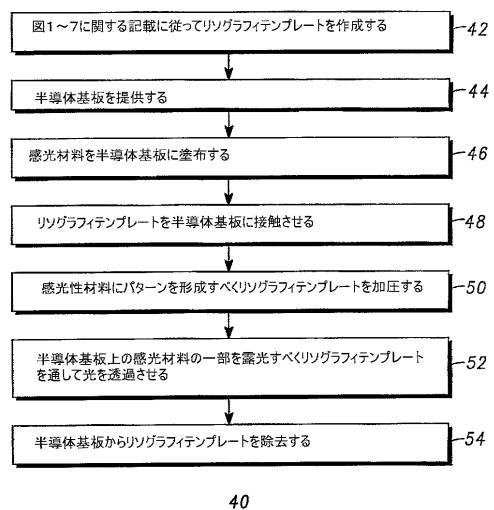


FIG. 16

【図 1 7】



フロントページの続き

(72)発明者 レズニック、ダグラス ジェイ .

アメリカ合衆国 85045 アリゾナ州 フェニックス ウエスト デザート フラワー レー
ン 216

審査官 新井 重雄

(56)参考文献 特開2003-249444 (JP, A)

独国特許発明第04432725 (DE, C2)

米国特許第05667940 (US, A)

米国特許第05126006 (US, A)

米国特許第04434224 (US, A)

米国特許第04591547 (US, A)

米国特許第06013417 (US, A)

米国特許第04124473 (US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

B29C 59/00

B81C 99/00

G03F 7/11