

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4242145号
(P4242145)

(45) 発行日 平成21年3月18日(2009.3.18)

(24) 登録日 平成21年1月9日(2009.1.9)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027	(2006.01)	F 1	H01L 21/30	502 D
G03F 1/08	(2006.01)		G03F 1/08	G
G03F 7/20	(2006.01)		G03F 7/20	521
H01L 21/265	(2006.01)		H01L 21/265	604 M
H01L 21/336	(2006.01)		H01L 29/78	627 C

請求項の数 10 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2002-366804 (P2002-366804)

(22) 出願日

平成14年12月18日(2002.12.18)

(65) 公開番号

特開2003-249444 (P2003-249444A)

(43) 公開日

平成15年9月5日(2003.9.5)

審査請求日 平成16年7月16日(2004.7.16)

(31) 優先権主張番号 10/058744

(32) 優先日 平成14年1月23日(2002.1.23)

(33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 398038580

ヒューレット・パッカード・カンパニー
HEWLETT-PACKARD COMPANYアメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(74) 代理人 100075513

弁理士 後藤 政喜

(74) 代理人 100084537

弁理士 松田 嘉夫

(72) 発明者 ピンメイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9430
6 パロアルト ウィルキィウェイ #D
4276

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ミクロンおよびサブミクロン構造を有する半導体および他のマイクロ装置およびナノ装置の製造
中の光学-機械式構造作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ミクロンおよびサブミクロン素子および構成要素を有するように構成された装置のポリマー層内に構造を作製する方法において、

光学-機械式パターン型押しマスクを配設する段階と、

前記光学-機械式パターン型押しマスクからのパターンを前記ポリマー層上に転写することによって、前記ポリマー層に狭小構造であるサブミクロン構造を機械的に形成する段階と、

放射線を光学-機械式パターン型押しマスクに透過させて、ポリマーの領域に放射線を選択的に照射して、ポリマーの露光領域およびポリマーの非露光領域に化学安定度の差を生じさせ、化学除去方法の影響を受けやすいポリマーの領域を除去することにより、前記光学-機械式パターン型押しマスクの凹部の下に位置する前記ポリマー層に広幅構造を形成する段階と、

を備えることを特徴とする方法。

【請求項2】

前記光学-機械式パターン型押しマスクの表面に、前記ポリマー層上に圧入される貫入部を有することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記光学-機械式パターン型押しマスクの表面に、前記ポリマー層上に圧入される複数の貫入部を有し、前記複数の貫入部の間に、低粘性ポリマー溶液が毛管作用によって引き

込まれることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記光学 - 機械式パターン型押しマスクは、所定のポリマー領域への照射を遮断するための照射遮断領域を具備することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記照射は、紫外光の照射であることを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記ポリマーは、紫外線の照射によって硬化し、前記照射遮断領域は、前記ポリマー中で構造が形成されない領域に対応することを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記ポリマーは、紫外線照射によって化学的に不安定化され、前記照射遮断領域は、前記ポリマー中で構造が形成される領域に対応することを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

ミクロンおよびサブミクロン素子および構成要素を有するように構成された装置のポリマー層内に構造を作成するための光学 - 機械式パターン型押しマスクにおいて、

前記光学 - 機械式パターン型押しマスクがポリマー層に押しつけられた場合に、前記ポリマー層内に狭いサブミクロン構造を機械的に形成する押し付け部と、

広幅構造に相当する凹部であって、前記凹部の下に位置するポリマー層の領域を前記光学 - 機械式パターン型押しマスクの一部を透過する放射線で区別して露光するのに適合した放射線透過性を有し、前記光学 - 機械式パターン型押しマスクが前記ポリマー層に押し付けられ、前記光学 - 機械式パターン型押しマスクが放射線で照射されると、その後に前記凹部の下に位置する広幅構造が、化学除去方法の影響を受けやすいポリマー領域を除去されることによって形成されるように、透過した放射線に露光されたポリマー領域と、透過した放射線に露光されていないポリマー領域と、の間に化学安定度の差を生じさせる凹部と、を備えることを特徴とする光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 9】

前記広幅構造に相当する前記凹部は、前記光学 - 機械式パターン型押しマスクを透過する透過放射線を遮断する放射線ブロックを備え、

前記ポリマーは、放射線照射によって保護されることを特徴とする請求項 8 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 10】

前記広幅構造に相当する前記凹部は、前記放射線を光学 - 機械式パターン型押しマスクで透過させ、光学 - 機械式パターン型押しマスクの残りの領域は、前記放射線の透過を遮断し、

前記ポリマーは、放射線照射によって不安定になることを特徴とする請求項 8 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ミクロンおよびサブミクロン寸法の構造を有する半導体、電気装置、電気機械装置、マイクロ機械装置および電子光学装置の製造に関し、特に、ミクロン構造を備える装置およびサブミクロン構造を含む装置の層状作製中に、ポリマー薄膜内にミクロンおよびサブミクロン寸法の構造を形成するための方法およびシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】

本発明は、小型、ミクロンおよびサブミクロン寸法の素子および構成要素を有するさまざまな種類の最新の電子装置、電磁装置、マイクロ機械装置および電子光学装置の製造に適用される。以下の説明では、そのような装置をマイクロ装置またはナノ装置と呼ぶ。

【0003】

10

20

30

40

50

本発明の方法およびシステムの1つの一般的な用途は、半導体作製にある。半導体の作製中、半導体装置は、シリコン、ガラスまたはポリマー基板の上部に層状に形成される。これらの基板は、硬質でも可撓性でもよい。信号線やトランジスタなどの小型構造は、周知のフォトリソグラフィ法を使用して作製される。図1～図8は、半導体の製造中に、ミクロンおよびサブミクロン構造を現時点で作製する一般的な方法を示す。図1に、シリコン基板101の矩形部分が示されている。基板は、平坦化したシリコン、ガラスまたはポリマー層でよいが、すでに部分的に作製済みの半導体の平坦面でもよい。図2では、酸化物層102が、基板101上に載置されるか、その表面上に発生している。図3では、薄いフォトレジスト層103が、酸化物層102の上部に載置されている。

【0004】

フォトリソグラフィマスクをフォトレジストの表面の上に隣接配置して、紫外線（"UV"）をフォトリソグラフィマスクを通してフォトレジスト層103の表面に照射する。フォトリソグラフィマスクは、フォトレジスト層103の下の酸化物層102内に形成すべき構造のデザインを定める透明領域および不透明領域を有する。フォトリソグラフィマスクは、UV線照射に対するフォトレジスト層103の応答がポジ型か、ネガ型かに応じて、ポジ型マスクまたはネガ型マスクのいずれかにすることができる。図1～図8に示された例では、UV線を照射したフォトレジスト材が化学的に変質して、フォトレジストを劣化させ、フォトレジストを溶剤に溶解しやすくする。フォトリソグラフィマスクは、構造を描く透明領域を有し、UV線は、フォトリソグラフィマスクの不透明の非構造領域を透過できないで遮断される。したがって、UV線がフォトリソグラフィマスクを透過してフォトレジスト層の表面に達すると、フォトレジスト層の領域が化学的に変質するが、非構造領域は、溶剤に溶解しない性質を持ったままである。

【0005】

図4は、UV線がフォトリソグラフィマスクを透過してフォトレジスト層の表面に達した後のフォトレジスト層を示す。フォトレジストの化学的変質部分104および105が、フォトリソグラフィマスクの透明領域の下方に位置した。次の段階で、フォトレジスト層を溶剤にさらすことによって、フォトレジスト層103の化学的変質部分を除去する。化学的変質フォトレジスト領域の除去によって、フォトレジスト層内に浅いチャネルが残り、チャネルの底部に酸化物が露出する。次に、フォトレジスト層の下の酸化物層102を化学的にエッチングするか、荷電粒子ビームによってエッチングして、フォトレジスト内の浅い構造チャネルに対応したチャネルをポリマー層に形成する。エッチング方法は、露出した酸化物を食刻するが、UV線照射によって化学的に劣化していない残留フォトレジスト層によって妨げられる。酸化物層のエッチングに続いて、残留フォトレジストを化学的または機械的処理によって除去する。

【0006】

図5は、上記エッチング段階で酸化物層内に食刻された構造チャネルを示す。チャネル106および107は、UV線照射によってフォトレジスト層内に形成された構造パターン（図4の104および105）に対応する。構造が金属信号線であるとすると、次の段階で、金属層108を酸化物層102の表面上に付着させて、構造チャネルを満たし、酸化物層の上に追加層を加える。図6は、金属層を付着させた後の作製中の半導体装置の矩形部分を示す。次に、作製中の半導体装置の表面を化学的または機械的に平坦化して、金属層を除去し、酸化物層内に埋め込まれた金属信号線を残す。図7は、埋め込まれた信号線を有する酸化物層を示す。最後に、酸化物層102内に形成された構造の上に追加構造を形成するため、酸化物層の上に次のポリマー、ポリシリコン、シリコン酸化物または他の種類の層を載置することができる。図1～図8に示された段階を何度も繰り返すことによって、半導体装置の層内に複雑な三次元構造配列を形成することができる。

【0007】

図1～図8に示された従来のフォトリソグラフィに基づいた構造作製段階は、ますます小型かつ微細な半導体装置を製造するために何十年にもわたって使用してきた。しかし、フォトリソグラフィには多くの欠点がある。よく知られている欠点は、UV線を使用し

10

20

30

40

50

たフォトレジスト層のパターン形成によって課せられる解像度の制約である。縁部回析効果が、投射パターンの解像度を低下させ、構造寸法が小さくなるほど、縁部回析効果がさらに顕著になる。リソグラフィ技術の別の欠点は一般的に、半導体装置の特定層内に構造を作製するために多くの連続した複雑な段階が必要とされることである。各段階で、注意深い整合手順や、費用および時間がかかる化学的、機械的、蒸着および荷電粒子ビームに基づいた手順が必要であり、これによって、製造施設の創設と共に完成した半導体装置の製造の両方に巨額の費用がかかる。リソグラフィ手法のさらに別の欠点は、UV線パターンを投影する表面全体が狭い焦点深さに入るように、平坦な表面を必要とすることである。したがって、プラスチックシートなどの本来的に平坦化が困難な表面上にミクロンおよびサブミクロン構造を作製するためにフォトリソグラフィ技術を適用することは困難である。

10

【0008】

フォトリソグラフィ方法に本来的に存在する構造寸法の制限を克服するために、半導体製造者は、軟X線でのフォトリソグラフィ方法を開発中であり、最終的には短波長の放射線を用いて構造寸法をナノメートルおよびサブナノメートル範囲まで小さくしようとするであろう。しかし、これらの短波長放射線手法は、まだ完全には商業化されておらず、特に、複雑な半導体製造施設、マスク作製およびマスク／装置の整合の更新のための資本費用に関して非常に高コストである。しかし、半導体製造者は、半導体装置内の微細電子回路の密度を高め続けるために、ますます小さい構造寸法を製造するという一定の経済的压力を受けている。さらに、センサや小型化学分析システムなどの複雑なマイクロ電気機械システム、分子分析アレイ、電子光学装置、および他のそのような新技術製品を含めた、マイクロ装置およびナノ装置の多くの新しい用途が開発されつつある。半導体装置および他の種類のマイクロ装置およびナノ装置の設計者、製造者およびユーザはすべて、より小さい構造を経済的に製造し、それに応じて半導体装置および他のそのような装置内の構造の密度を高めるためのミクロンおよびサブミクロン構造作製方法の必要性を認識している。

20

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、作製中の半導体装置または他のマイクロ装置またはナノ装置のポリマー層内に、ミクロンおよびサブミクロン寸法の構造を作製する方法およびシステムを提供することである。

30

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の1つの実施形態は、作製中の半導体装置または他のマイクロ装置またはナノ装置のポリマー層内にミクロンおよびサブミクロン構造を作製する方法およびシステムである。小型構造は、対応する貫入部を有する光学-機械式スタンプで薄い粘性ポリマー表面に型押しをするか、低粘性ポリマーを貫入部間の空間に毛管作用によって引き込むことによって低粘性ポリマー膜にエンボス加工することによって、直接的に型押しされる。大型構造は、UV線を光学-機械式スタンプに透過させることによってポリマー表面の所定領域の表面にUV線を照射し、ポリマーを化学的に変質させて、UV線照射またはUV線遮蔽領域のいずれかを溶剤によって除去できるようにすることによって形成される。したがって、本発明の上記実施形態は、微細構造には純粋に機械式スタンピングを用い、大型構造にはリソグラフィ様化学的ポリマー除去を用いる部分的透過性型押しマスクを提供している。

40

【0011】

【発明の実施の形態】

本発明の1つの実施形態は、作製中の半導体装置、マイクロ装置、またはナノ装置の層に構造を型押しするための光学-機械式パターン型押しマスク（"OMPIM"）を提供する。機械式パターン型押しは高解像度を達成することができる、言い換えると、現時点で使用できるフォトリソグラフィ方法よりもっと経済的に小型構造を型押しできことが多い。さらに、機械式パターン型押しは、マイクロ装置またはナノ装置の層に構造をパター

50

ン形成するために必要な段階の数を大幅に減少させることができる。しかし、機械式パターン型押しは、現時点で使用できるフォトリソグラフィ方法のように、数十ナノメートル範囲の構造寸法までの構造の寸法による制約よりも、層内の構造の寸法の相違による制約を大きく受ける。本発明の1つの実施形態は、大型構造を作製するためにはフォトリソグラフィ方法を用い、小型構造の作製には純粹に機械的なスタンピング方法を用いることによって、構造寸法の相違の制約を排除している。

【0012】

図9～図14は、作製中のナノ装置の層に構造を型押しするために使用される機械式パターン型押し技術を示している。図9～図14およびそれ以降の図では、わかりやすくするために基板および層が断面で示されている。これらの図面は、数千万個の構造を含むことができる作製中のマイクロ装置またはナノ装置全体の断面のわずかな部分だけを示す。図9は、次の構造収容層を形成しようとする硬質または可撓性基板を示す。基板は、ガラス、ポリシリコン、シリコンまたはさまざまなポリマーを含むさまざまな材料で形成することができる。第1段階で、基板の表面に粘性ポリマー層を塗布する。図10は、基板201の上に重ねられたポリマー層202を示す。次に、図11に示されているように、新しく追加されたポリマー層の表面の上に、機械式パターン型押しマスクを載置する。次に、機械式パターン型押しマスクをポリマー層に圧入する。基板が平面的である必要がないことに注意されたい。たとえば、基板は、円筒の表面の凸状の外部分のような形状でもよい。この場合、機械式パターン型押しマスクの表面が対応する凹状表面を有して、機械式パターン型押しマスクの表面全体が基板表面と同時に接触できるようにする。多くの他の基板/マスク相補表面形状が可能である。図12～図14は、機械式パターン型押しマスク203がポリマー層202を通過して基板201上まで押しつけられる状態を示す。機械式パターン型押しマスク203は、機械式パターン型押しマスクをポリマー層に圧入した時にポリマー層内に狭小トラフおよび広幅トラフを形成する貫入部204～208を有する。図14に示されているように、機械式パターン型押しマスク203を基板201にできる限り接近するように押しつけることが、機械式型押し方法の目的である。その後に機械式パターン型押しマスク203を取り外した時、ポリマー層には貫入部204～207に対応した部分にトラフが残り、ポリマー層の広幅トラフ213が、広幅貫入部208に対応した位置に残る。図12～図14で、機械式パターン型押しマスクをさらにポリマー層201に圧入していくと、ポリマーが貫入部の下から、特に広幅貫入部208の下から押しのけられるので、貫入部間の広幅トラフ内のポリマー層の高さが増加する。

【0013】

残念ながら、構造寸法の相違のため、機械式パターン型押しマスクをポリマー層の所望深さまで押し込むことができないであろう。図15は、機械式パターン型押しマスクの大型すなわち広幅貫入部が1つまたは複数の狭小貫入部の間に位置する時に発生すると思われる問題を示している。広幅貫入部208の下から押しのけられた粘性ポリマーが、広幅貫入部208および狭小貫入部207間の広幅トラフ214のほぼ上部まで押し上げられていることに注意されたい。それ以上のポリマーを広幅貫入部208の下から広幅トラフ214内へ押しのけることができない。さらに、ポリマーは粘性が非常に高いため、ポリマーを隣接する広幅トラフまたは領域内へ横向きに移動させるには、非常に大きい圧力が必要であろう。したがって、一般的に、貫入部208などの広幅貫入部によって押しのけられたポリマーの体積を、広幅トラフ214などの隣接した広幅トラフ内に収容しなければならない。

【0014】

図15に示された例では、広幅貫入部の幅215が w_1 、広幅貫入部の左側の広幅トラフの幅216が w_2 、機械式パターン型押しマスクの貫入部の高さ217が h 、貫入部をポリマー層に圧入する深さ218が d であるとし、また、貫入部および広幅トラフが直線的で、図15の平面に対して直交する方向の寸法が x であるとすると、広幅貫入部208によって押しのけられるポリマーの体積は、

であり、広幅トラフ 214 の容積は、

$$w_2 h x$$

である。前述したように、広幅トラフの容積は、広幅貫入部 208 から押しのけられたポリマーの体積の半分より大きくなければならない。

$$1/2 \cdot w_1 d x < w_2 h x$$

$$w_1 d < 2 w_2 h$$

$$w_1 d / h < 2 w_2$$

したがって、図 15 に示された問題を軽減するためには、貫入部間の広幅トラフの容積が押しのけられたポリマーを収容できる寸法に増加するほどまで、機械式パターン型押しマスク貫入部のアスペクト比 w_1 / h を減少させるように決定すればよいであろう。しかし、機械式パターン型押しマスクの貫入部のアスペクト比は、さまざまな機械的および流体流の制約によって制限される。たとえば、ポリジメチルシロキサン ("P D M S") マスクの場合、アスペクト比を 1 : 3 以上にする必要がある。

【 0015 】

広幅の機械式パターン型押し貫入部の別の問題は、マスクがポリマー層を通過して下側の基板に達するまで押し下げるために必要な時間が、以下のように少なくとも挿入工程の一部分で、広幅貫入部の底部および基板表面間のポリマー層の厚さ $d t$ に対するポリマー層深さ d の比の二乗に比例する。

$$t = v w_1 / 2 P d \cdot [(d / d t)^2 - 1]$$

ただし、 v はポリマーの粘度、 P は機械式パターン型押しスタンプに加えられる圧力、 t は秒単位の時間である。

【 0016 】

貫入部の幅が大きくなるほど、機械式パターン型押しマスク貫入部をポリマー層内の所望深さまで押し込むのに必要な時間が長くなる。上記問題を軽減しようとして、低粘性ポリマーを使用することも可能であるが、低粘性ポリマーはもっと容易に押しのけられるが、毛管作用によって狭小マスクトラフ内へ優先的に引き込まれて、広幅マスクトラフ内のポリマーを欠乏させる。

【 0017 】

あるいは、低粘性流体ポリマー溶液の薄層を塗布した表面上に機械式型押しを行ってよい。これらの方法では、毛管作用によってすべてのトラフを完全に満たすのに十分なポリマー溶液が存在する。しかし、硬化ポリマーの大きい部分を効果的に除去する必要から、これらの広幅領域を狭小領域と異なった方法で処理する必要性が示唆される。

【 0018 】

上記問題を解決するために、本発明の 1 つの実施形態は、機械式スタンピングを、リソグラフィー様の UV 線誘導示差的ポリマー硬化および未硬化ポリマーの化学的除去と組み合わせた光学 - 機械式パターン型押しマスク ("O M P I M") を提供している。図 16 の A ~ D および図 17 の A ~ D は、本発明の 2 つの異なる実施形態によって与えられる光学 - 機械式パターン型押しを示す。図 16 の A は、UV 線硬化性ポリマー層 402、たとえば、ノーランド・エヌ・オー・エー (Norland NOA) 光学接着性ポリマーか、チバガイギ・イルガキュア (Cibageigy Irgacure) 651 と混合した 1,6-ヘキサンジオール・ジアクリレートを上部に塗布した基板 401 を示す。UV 線硬化性ポリマー層には、UV 線硬化性ポリマー層 402 内に埋め込まれる構造に対応した狭小トラフおよび広幅トラフを型押しする必要がある。図 16 の B に示されているように、OMPIM 403 をポリマー層上まで押し下げて、OMPIM 403 の貫入部を基板 401 の表面付近まで押込むと、押しのけられたポリマーが OMPIM の構造間の広幅トラフ 404 ~ 407 内へ上昇する。

【 0019 】

OMPIM 403 は、貫入部に加えて、ポリマー層内に型押しする必要がある広幅構造に対応した UV 線ブロック 408 を有する。OMPIM 自体は、UV 線を透過する。OMPIM は、P D M S、石英、ガラス、またはマスク貫入部および他のマスク構造を作製するために成型、エッチングまたは付着手法を使用する他の UV 線透過材料で形成すること

10

20

30

40

50

ができる。図16のBでは、OMPIM貫入部に対応した小型構造がUV線硬化性ポリマー層402内に型押しされているが、大型の中央構造はそうでない。次に、図16のCに示されているように、UV線がOMPIMを透過してUV線硬化性ポリマー層402の表面に達する。UV線は、UV線マスク408によって遮られた領域を除いて、OMPIMの全領域を透過する。マスクにUV線を照射することによって、OMPIMを透過したUV線が当たったポリマー層の部分410が硬化するが、UV線マスク408によってUV線が当たらないように遮蔽されたポリマー411は未硬化のままである。最後に、図16のDに示されているように、OMPIMを取り外し、未硬化ポリマーを溶剤で溶解させることによって、未硬化ポリマーを基板から除去する。狭小トラフおよび広幅トラフの底部に残留している硬化ポリマーは、異方性酸素-プラズマエッティングによって除去することができる。このようにして、狭小および広幅の両方の構造がポリマー層402内に型押しされ、狭小構造は純粋に機械的手段によって型押しされ、広幅のトラフ状構造412は、UV線によってポリマー層の領域に異なる化学安定度を生じるフォトリソグラフィ様手法によって形成される。縁部回析効果が広幅構造の輪郭を幾分ぼかすが、リソグラフィ様手法を使用して作製された広幅構造と比較すれば大したことではなく、また、小型構造の純粋に機械的なスタンピングは、UV線を用いたリソグラフィ技術では回析効果のために得られない鮮明さを与える。

【0020】

UV線照射によって硬化が阻止される、以下の説明で「ネガ型ポリマー」と呼ぶポリマーを、上記実施形態のものと逆の向きにUV線ブロックを有するOMPIMで用いることができる。この変更形OMPIMおよびOMPIMに基づいた方法が、図17のA～Dに示されている。図17のAに示されているように、ネガ型ポリマー層502を基板501の表面に塗布する。次に、図17のBに示されているように、OMPIM503をネガ型ポリマー層502に圧入する。OMPIM503は、UV線遮断領域504～517を有しており、それ以外ではUV線を透過する。次に、図17のCに示すように、UV線をOMPIMに透過させてネガ型ポリマー層に当てる。UV線は、UV線遮断領域504～517によって遮断されるが、非UV線遮断領域を透過して、非UV線遮断領域の下側にあるネガ型ポリマーの領域520の領域に当たってそれを化学的に変質させる。次に、スタンプを取り外す前に、非UV線照射ポリマーを熱硬化させてもよい。スタンプをきれいに取り外しやすくするために、スタンプの表面は未硬化ポリマーに対して化学的親和性を有していてはならない。たとえば、未硬化ポリマーが親水性である場合、スタンプの表面が疎水性でなければならない。UV線を照射したポリマーは、熱を加えることによって硬化しない。それから、図17のDに示されているように、OMPIMを取り外した後、ネガ型ポリマーの化学的変質領域をアセトンなどの溶剤で溶かすことができる。図16のA～Dを参照して説明した上記実施形態の場合と同様に、狭小構造は、純粋に機械的手段によってポリマー層502上に型押しされており、広幅トラフ状構造521は、UV線の選択的照射によってポリマー領域に異なる化学安定度を生じることによって、フォトリソグラフィ様手法で作製されている。

【0021】

図18のA～Dは、本発明の別の実施形態を示すOMPIMを使用したポリシリコン薄膜トランジスタの作製を示す。図18のAは、2つの段形貫入部(two-stepped intrusions)602および603の横に2つのUV線遮断領域604および605を設けたOMPIM601を示す。OMPIMが、ゲート金属層607、ゲート絶縁体層608、ポリシリコン層609および基板610の上に塗布されたUV線硬化性ポリマー装置606に圧入されている。OMPIMおよび下側のUV線硬化性ポリマーにUV線を照射して、2つの段形貫入部(two-stepped_intrusions)602、603の間のポリマーを硬化させる。2つのUV線遮断領域604および605の下側のポリマーは未硬化状態のままである。OMPIMを取り外して、未硬化ポリマーを溶剤に溶解させることによって、図18のBに示された段形UV線硬化ポリマー構造612を生じることができる。図18のBでは、UV線硬化ポリマー612によって保護されていない金属を除去する方法によって、ポリマー

10

20

30

40

50

構造 612 によって保護されていないゲート金属が除去されていることに注意されたい。次に、図 18 の C に示されているように、荷電粒子ビームによるイオン注入を用いて、ポリシリコン層 609 にドーピングを行う。荷電イオンが通過する層の重なりの数をできる限り少なくすると、ドーピングレベルが最高になる、言い換えると、ドーパントの濃度が高くなる。したがって、ドーピングレベルは、UV 線硬化ポリマー構造 612 によって覆われていない領域で最高であり、UV 線硬化ポリマー構造 612 の中央部分の真下で最低であるか、ゼロであり、UV 線硬化ポリマー構造 612 の段形部分の下側で中間レベルである。次に、熱アニーリングまたはレーザーアニーリングによって注入イオンを活性化する。次に、UV 線硬化ポリマーの段形部分を除去し、この部分の下側のゲート金属を金属エッチによって除去する。最後に、ゲート金属の上のポリマーカラーを除去する。示差的ドーピングによって、図 18 の D に示されているように、十分にドーピングされたポリシリコン層領域 614 および 615 と、低濃度ドーピングされたポリシリコン層領域 616 および 617 と、実質的にドーピングされていないポリシリコン領域 618 とが生じる。この示差的ドーピングされた薄膜トランジスタは、低レベルドーピングされたソース / ドレイン薄膜トランジスタとして周知である。トランジスタのドレイン領域付近が低ドーピングレベルであることによって、動作中のドレイン領域付近の電界が低減される。この電界の減少は、「オフ」状態での電界誘導ソース / ドレイン電流漏れを低減すると共に、「オン」状態に切り換えた時のソース / ドレイン電流の急増を低減することによって、トランジスタの性能を向上させる。

【0022】

図 19 の A および B は、OMPIM の UV 線遮断領域および貫入部構造の変更例を示す。図 19 の A に示されているように、UV 線遮断領域は、OMPIM の表面に固定する (701) か、OMPIM の表面と面一に挿入する (702) か、OMPIM 内に埋め込む (703) ことができる。UV 線遮断領域は、OMPIM の上面または下面のいずれに重ねてもよい。UV 線遮断領域は、さまざまな金属薄膜で形成できるが、カーボンブラック、不透明ポリマー材および回折光フィルタを含めた他のさまざまな UV 線不透過材料で形成することもできる。図 19 の B に示すように、貫入部 704 ~ 707 のような OMPIM 貫入部が UV 線遮断領域を含んでもよく、貫入部はさまざまな長さにすることができる。UV 線遮断領域を基板にできる限り近づけて設けることによって、より高い解像度を得ることができる。

【0023】

本発明を特定の実施形態に関して説明してきたが、本発明がこの実施形態に制限されることは意図していない。発明の精神の範囲内の変更が、当該技術分野の専門家には明らかであろう。たとえば、OMPIM は、さまざまな異なった UV 線透過材料で形成してもよい。下側のポリマー層を化学的に変質させるために、OMPIM を他の物理的処理と組み合わせて使用することもできる。たとえば、長い波長の放射光を用いることができ、その場合、OMPIM は長い波長の放射光を透過できなければならない。他の技術では、OMPIM が一定の荷電粒子を比較的透過しやすくして、荷電粒子マスクを OMPIM の上に重ねるか、その内部に埋め込むことができる。OMPIM を作製することによって、狭小構造は機械的に型押しし、広幅構造は、層の選択的放射線誘導化学的変質に続いて層の変質部分を溶剤で除去することによって得るようにして、半導体装置や他の電子装置、電気機械装置、機械装置または電気光学装置の層上にほぼ無数の構造パターンを型押しすることができる。特定装置のパターン型押し要件に従って、さまざまな異なった形状および寸法の OMPIM を作製することができる。前述したように、毛管作用によって貫入部間の空間に引き込まれた粘性ポリマー膜または低粘性ポリマー膜の両方の型押しに OMPIM を使用することができる。

【0024】

本発明は以下に要約される。

【0025】

1. ミクロンおよびサブミクロン素子および構成要素を有するように構成された装置の

10

20

30

40

50

ポリマー層(402、502)内に構造を作製する方法において、光学-機械式パターン型押しマスク(403、503)を配設する段階と、前記光学-機械式パターン型押しマスク(403、503)からのパターンを前記ポリマー層(402、502)上に機械的に転写して、前記ポリマー層内に狭小構造を形成する段階と、放射線を光学-機械式パターン型押しマスクに透過させて、ポリマーの領域(411、520)に放射線を選択的に照射して、ポリマーの露光領域およびポリマーの非露光領域に化学安定度の差を生じる段階と、化学除去方法の影響を受けやすいポリマーの領域(411、520)を除去する段階と、
を備えることを特徴とする方法。

10

【0026】

2. 前記光学-機械式パターン型押しマスクは、ポリマー層に圧入される表面上の貫入部(intrusions)(204、207)、または、低粘性ポリマー溶液を毛管作用によって引き込む表面上の貫入部(204、207)のいずれかを備えることを特徴とする第1項に記載の方法。

【0027】

3. 前記光学-機械式パターン型押しマスクは、所定のポリマー領域への照射を遮断するための放射線遮断領域(408、504～517)を具備し、放射線が紫外線であることを特徴とする第1項に記載の方法。

20

【0028】

4. 前記ポリマーは、紫外線の照射によって硬化し(409、410)、前記放射線遮断領域(408)は、ポリマーの非構造領域(non-feature regions)に対応することを特徴とする第3項に記載の方法。

【0029】

5. 前記ポリマーは、紫外線照射によって化学的に不安定化し(520)、前記放射線遮断領域(504～517)は、ポリマーの構造領域に対応することを特徴とする第3項に記載の方法。

【0030】

6. 紫外線透過体(403、503)と、該紫外線透過体の表面上に形成された紫外線透過貫入部(204～207)と、紫外線不透過遮断領域(408、504～517)と、を備えることを特徴とする光学-機械式パターン型押しマスク。

30

【0031】

7. 前記紫外線透過体(403、503)および紫外線透過貫入部(204～207)は、ポリジメチルシロキサン、石英、およびガラスのうちの1つで形成されていることを特徴とする第6項に記載の光学-機械式パターン型押しマスク。

【0032】

8. 前記紫外線不透過遮断領域(408、504～517)は、金属薄膜、カーボンブラック層、および光学回析材料層のうちの1つであることを特徴とする第6項に記載の光学-機械式パターン型押しマスク。

40

【0033】

9. 前記紫外線不透過遮断領域は、前記紫外線透過体の表面に付着させる(701)か、前記紫外線透過体の表面内へ、それに面一に埋め込む(702)か、前記紫外線透過体の表面の近くではなく、その内部に埋め込む(703)ことによって設けられていることを特徴とする第6項に記載の光学-機械式パターン型押しマスク。

【0034】

10. 前記紫外線透過体(403、502)は、未硬化ポリマーに対して化学的親和性が低いか、まったくない材料で形成されている第6項に記載の光学-機械式パターン型押

50

しマスク。

【0035】

説明を目的とする以上の記載は、本発明を完全に理解できるようにするために特定の用語を使用している。しかし、本発明を実施するために特定の詳細が必要でないことは、当該技術分野の専門家には明らかであろう。本発明の特定の実施形態の以上の記載は、説明のためのものである。それらは完全ではなく、本発明を開示されたそのままの形に制限するものでもない。当然ながら、上記教示に照らして、多くの変更および変形が可能である。実施形態は、当該技術分野の専門家が本発明および意図した特定用途に合わせてさまざまな変更を加えたさまざまな実施形態を最善に使用できるようにするために、本発明の原理およびその実際の用例を最善に説明するために示されている。本発明の範囲は、特許請求の範囲およびその等価物によって定義されるものとする。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】半導体の製造中にミクロンおよびサブミクロン構造を現時点で作製する一般的な方法を示す図である。

【図2】半導体の製造中にミクロンおよびサブミクロン構造を現時点で作製する一般的な方法を示す図である。

【図3】半導体の製造中にミクロンおよびサブミクロン構造を現時点で作製する一般的な方法を示す図である。

【図4】半導体の製造中にミクロンおよびサブミクロン構造を現時点で作製する一般的な方法を示す図である。

20

【図5】半導体の製造中にミクロンおよびサブミクロン構造を現時点で作製する一般的な方法を示す図である。

【図6】半導体の製造中にミクロンおよびサブミクロン構造を現時点で作製する一般的な方法を示す図である。

【図7】半導体の製造中にミクロンおよびサブミクロン構造を現時点で作製する一般的な方法を示す図である。

【図8】半導体の製造中にミクロンおよびサブミクロン構造を現時点で作製する一般的な方法を示す図である。

【図9】作製中のマイクロ装置またはナノ装置の層に構造を型押しするために使用される機械式パターン型押し技術を示す図である。

30

【図10】作製中のマイクロ装置またはナノ装置の層に構造を型押しするために使用される機械式パターン型押し技術を示す図である。

【図11】作製中のマイクロ装置またはナノ装置の層に構造を型押しするために使用される機械式パターン型押し技術を示す図である。

【図12】作製中のマイクロ装置またはナノ装置の層に構造を型押しするために使用される機械式パターン型押し技術を示す図である。

【図13】作製中のマイクロ装置またはナノ装置の層に構造を型押しするために使用される機械式パターン型押し技術を示す図である。

【図14】作製中のマイクロ装置またはナノ装置の層に構造を型押しするために使用される機械式パターン型押し技術を示す図である。

40

【図15】機械式パターン型押しマスクの大型または広幅貫入部が1つまたは複数の狭小機械式パターン型押しマスク貫入部に隣接して設けられている時に生じると思われる問題を示す図である。

【図16】本発明の2つの異なる実施形態によって与えられる光学・機械式パターン型押しを示す図である。

【図17】本発明の2つの異なる実施形態によって与えられる光学・機械式パターン型押しを示す図である。

【図18】本発明の実施形態を表す光学・機械式パターン型押しマスクを使用したポリシリコン薄膜トランジスタの作製を示す図である。

【図19】光学・機械式パターン型押しマスクのUV線遮断構造および貫入部構造の変更

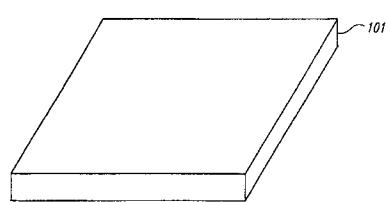
50

例を示す図である。

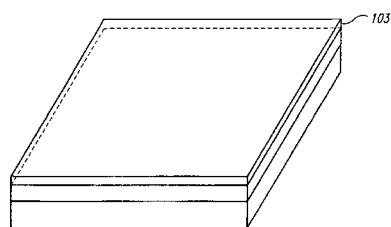
【符号の説明】

- 204、207 貫入部
402、502 ポリマー層
403、503 光学 機械式パターン型押しマスク
408、504～517 放射線遮断領域
411、520 ポリマー領域

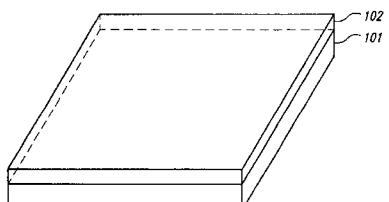
【図1】



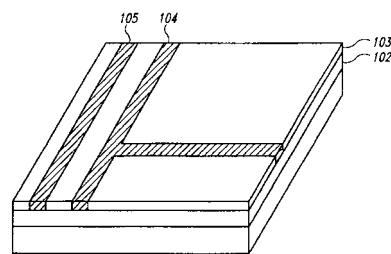
【図3】



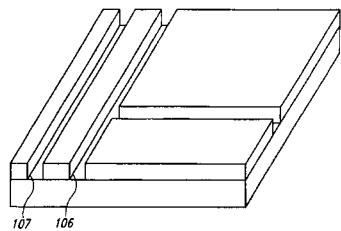
【図2】



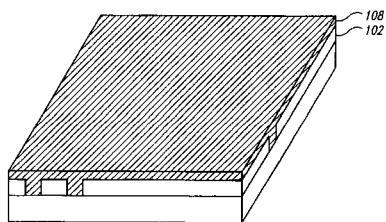
【図4】



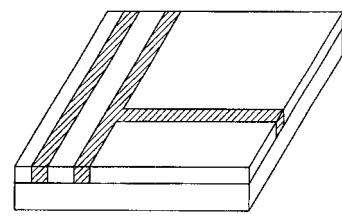
【図5】



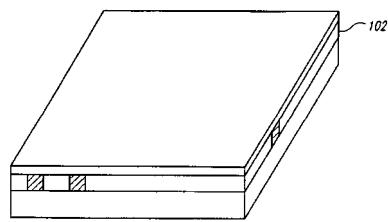
【図6】



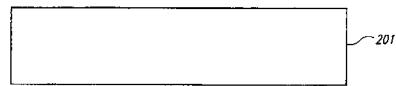
【図7】



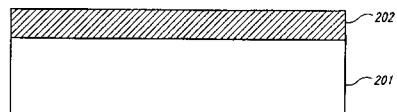
【図8】



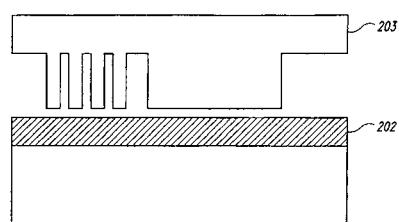
【図9】



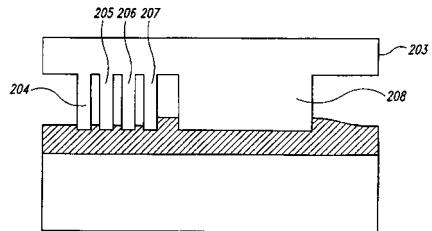
【図10】



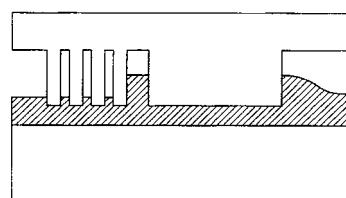
【図11】



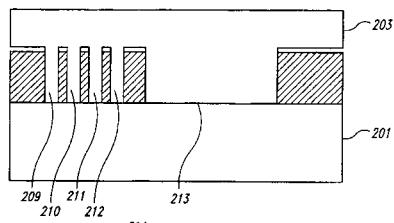
【図12】



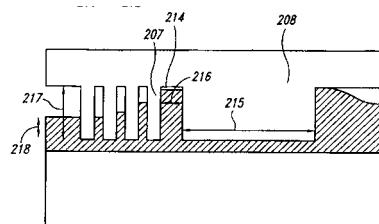
【図13】



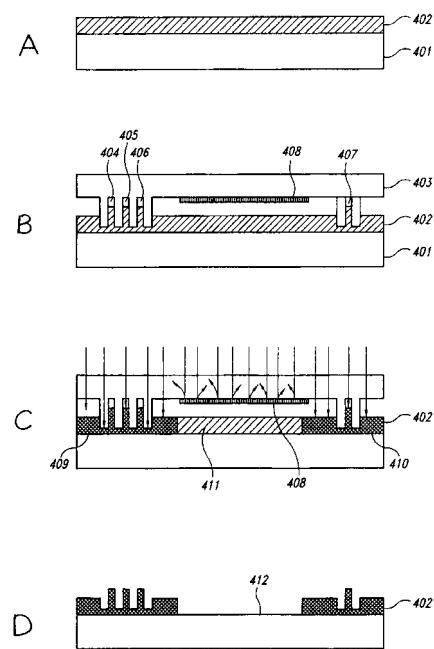
【図14】



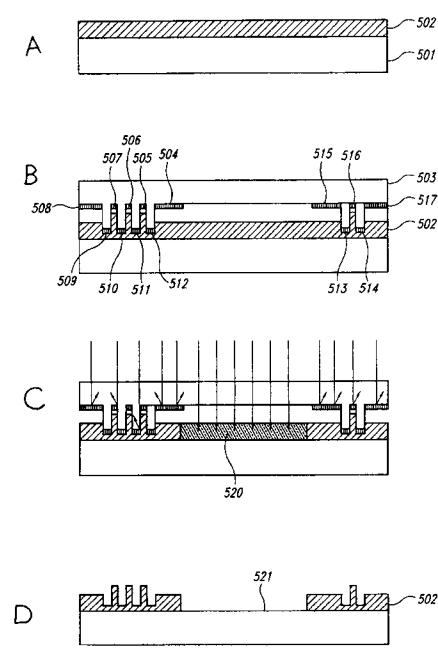
【図15】



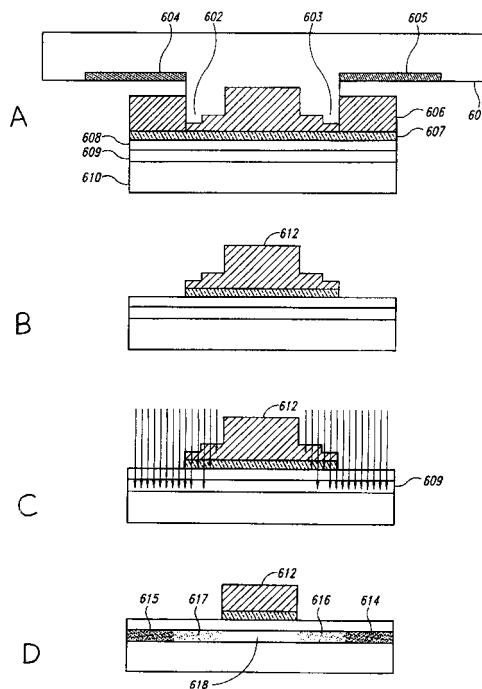
【図16】



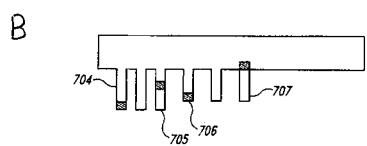
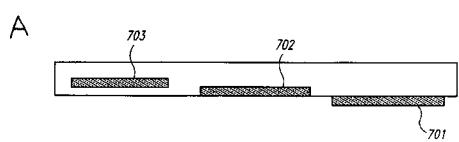
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 01 L 29/786 (2006.01) H 01 L 29/78 6 1 6 A

(72)発明者 カール ピー タウシ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94061 レッドウッドシティ アラメダデラスパルガス 2
295
(72)発明者 アルバート エイチ ジーンス
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94043 マウンテンビュー サンルーカスアベニュー 82
0

審査官 多田 達也

(56)参考文献 特開平05-080530 (JP, A)
特開2000-194142 (JP, A)
特開2001-068411 (JP, A)
特開2000-155208 (JP, A)
国際公開第99/015933 (WO, A1)
特開平09-127675 (JP, A)
特開2001-296650 (JP, A)
特開平07-098496 (JP, A)
特開平07-005693 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 1/08