

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分
 【発行日】平成 17 年 5 月 19 日 (2005.5.19)

【公開番号】特開 2003-249444 (P2003-249444A)
 【公開日】平成 15 年 9 月 5 日 (2003.9.5)
 【出願番号】特願 2002-366804 (P2002-366804)
 【国際特許分類第 7 版】

H 0 1 L 21/027
 G 0 3 F 1/08
 G 0 3 F 7/20
 H 0 1 L 21/265
 H 0 1 L 21/336
 H 0 1 L 29/786

【F I】

H 0 1 L 21/30 5 0 2 D
 G 0 3 F 1/08 G
 G 0 3 F 7/20 5 2 1
 H 0 1 L 21/265 6 0 4 M
 H 0 1 L 29/78 6 2 7 C
 H 0 1 L 29/78 6 1 6 A

【手続補正書】
 【提出日】平成 16 年 7 月 16 日 (2004.7.16)
 【手続補正 1】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】特許請求の範囲
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【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を除去する段階と、
 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】

請求項 1 に記載の方法により形成された構造を含むミクロンおよびサブミクロン寸法の要素を含むように設計されたことを特徴とするデバイス。

【請求項 9】

紫外線透過体と、

前記紫外線透過体の表面上に形成された紫外線透過貫入部と、

紫外線を透過しない遮断領域と、

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 10】

前記紫外線透過体および前記紫外線透過貫入部が、ポリジメチルシロキサンで形成されることを特徴とする請求項 9 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 11】

前記紫外線透過体および前記紫外線透過貫入部が、石英で形成されることを特徴とする請求項 9 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 12】

前記紫外線透過体および前記紫外線透過貫入部が、ガラスで形成されることを特徴とする請求項 9 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 13】

前記紫外線を透過しない遮断領域が、金属薄膜であることを特徴とする請求項 9 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 14】

前記紫外線を透過しない遮断領域が、カーボンブラック層であることを特徴とする請求項 9 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 15】

前記紫外線を透過しない遮断領域が、光学回折材料層であることを特徴とする請求項 9 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 16】

前記紫外線を透過しない遮断領域が、前記紫外線透過体の表面に付加されていることを特徴とする請求項 9 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 17】

前記紫外線を透過しない遮断領域が、前記紫外線透過体の内部に埋設され、かつ前記紫外線透過体の表面と面一になされていることを特徴とする請求項 9 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 18】

前記紫外線を透過しない遮断領域が、前記紫外線透過体の内部であって、前記紫外線透過体の表面から離れた内部に埋設されていることを特徴とする請求項 9 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【請求項 19】

前記紫外線透過体が、未硬化ポリマーに対して化学的親和性が低い、まったくない材料で形成されていることを特徴とする請求項 9 に記載の光学 - 機械式パターン型押しマス

ク。

【請求項 20】

紫外線透過体と、

前記紫外線透過体の表面に形成された、紫外線透過性を有するパターン型押し手段であって、面に型押しをするための紫外線透過性パターン型押し手段と、

紫外線遮断手段であって、前記紫外線透過性パターン型押し手段を紫外線が透過して前記紫外線透過性パターン型押し手段の下方に位置する前記面に照射するのを防止するための紫外線遮断手段と、

を有することを特徴とする光学 - 機械式パターン型押しマスク。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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ンネルが残り、チャン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ンネルに対応したチャン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。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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ンネルを示す。チャンネル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、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、構造チャンネルを満たし、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。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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されてきた。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¹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。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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、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。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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 1 5 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隣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 2 0 8 の下から押しのけられた粘性ポリマーが、広幅貫入部 2 0 8 および狭小貫入部 2 0 7 間の広幅トラフ 2 1 4 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 2 0 8 の下から広幅トラフ 2 1 4 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 2 0 8 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 2 1 4 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。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 4】

図 1 5 に示された例では、広幅貫入部の幅 2 1 5 が w_1 、広幅貫入部の左側の広幅トラフの幅 2 1 6 が w_2 、機械式パターン型押しマスクの貫入部の高さ 2 1 7 が h 、貫入部をポリマー層に圧入する深さ 2 1 8 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 1 5 の平面に対して直交する方向の寸法が x であるとする、広幅貫入部 2 0 8 によって押しのけられるポリマーの体積は、

$$w_1 d x$$

であり、広幅トラフ 2 1 4 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 2 0 8 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 1 5 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 ("PDMS") 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。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 7】

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もよい。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。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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("OMPIM")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。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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、PDMS、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-プラズマエッチ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方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。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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、OMPIM 503 をネガ型ポリマー層 502 に圧入する。OMPIM 503 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。

【手続補正 12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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 OMPIM 601 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数が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。

【手続補正１３】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００２２

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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析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。