

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5473266号
(P5473266)

(45) 発行日 平成26年4月16日(2014.4.16)

(24) 登録日 平成26年2月14日(2014.2.14)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)
B29C 59/02 (2006.01)

F 1

H01L 21/30 502 D
B29C 59/02 Z NMZ

請求項の数 7 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2008-182297 (P2008-182297)
 (22) 出願日 平成20年7月14日 (2008.7.14)
 (65) 公開番号 特開2009-60084 (P2009-60084A)
 (43) 公開日 平成21年3月19日 (2009.3.19)
 審査請求日 平成23年6月24日 (2011.6.24)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-203044 (P2007-203044)
 (32) 優先日 平成19年8月3日 (2007.8.3)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-203050 (P2007-203050)
 (32) 優先日 平成19年8月3日 (2007.8.3)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 奥島 真吾
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内
 (72) 発明者 関 淳一
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】インプリント方法および基板の加工方法、基板の加工方法による半導体デバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上の樹脂に、モールドのパターンをインプリントしてパターンを形成する工程を、複数回繰り返し行うインプリント方法であって、

第1回目のパターンを形成する工程と、

第2回目のパターンを形成する工程と、を有し、

前記第1回目のパターンを形成する工程は、

前記基板上に形成された樹脂に、前記モールドを接触させ、該モールドのパターンに対応する凹凸パターンを形成した第1の加工領域と、該第1の加工領域の周囲に前記樹脂によるはみ出し領域を形成する工程と、

前記第1の加工領域の上に、該第1の加工領域を保護する第1の保護層を形成する工程と、

前記第1の保護層によって、前記第1の加工領域の樹脂層に形成されたパターンが除去されないように保護しながら、前記はみ出し領域の樹脂層を除去する工程と、を有し、

前記第2回目のパターンを形成する工程は、

前記はみ出し領域を含む前記第1の加工領域と隣接する領域に形成された樹脂に前記モールドを接触させ、第2の加工領域を形成する工程と、

前記第2の加工領域の樹脂層に、該第2の加工領域を保護する第2の保護層を形成する工程と、

10

20

前記第1及び第2の保護層によって、前記第1及び第2の加工領域の樹脂層に形成されたパターンが除去されないように保護しながら、前記第2の加工領域の周囲にはみ出した樹脂を除去する工程と、

を有することを特徴とするインプリント方法。

【請求項2】

前記第1回目のパターンを形成する工程において、第1方向または該第1方向と直交する第2方向の少なくともいずれかの方向に、前記第1の加工領域に複数の加工領域を形成するに際し、

前記複数の加工領域における各加工領域の間隔を、前記加工領域の幅の長さの整数倍とすることを特徴とする請求項1に記載のインプリント方法。

10

【請求項3】

前記加工領域の幅の長さに、前記モールドの加工誤差および前記基板と前記モールドの位置合わせ誤差による調整量を加えた長さが含まれていることを特徴とする請求項2に記載のインプリント方法。

【請求項4】

前記パターンを形成する工程を3回繰り返し行うインプリント方法であって、前記第1の加工領域において前記第1方向に形成される各加工領域の間隔を、前記第1の加工領域の幅の長さの2倍とすると共に、前記第2方向における加工領域は互いに隣接しない間隔として、前記各加工領域を形成する工程と、

前記第2回目のパターンを形成する工程の後に、前記第2の加工領域と隣接する領域に第3の加工領域を形成する工程と、

20

を有することを特徴とする請求項2に記載のインプリント方法。

【請求項5】

前記パターンを形成する工程を複数回繰り返し行うに際し、各パターンを形成する工程に異なるモールドを用いることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載のインプリント方法。

【請求項6】

基板の加工方法であって、請求項1から5のいずれか1項に記載のインプリント方法により、基板上の樹脂にインプリントされたパターンをマスクとして前記基板を加工する工程を有することを特徴とする基板の加工方法。

30

【請求項7】

請求項6に記載の基板の加工方法を用いて構造体を形成する工程を有することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、インプリント方法および基板の加工方法、基板の加工方法による半導体デバイスの製造方法に関する。

具体的には、基板上の樹脂に、モールドが有するパターンをインプリントするインプリント方法および基板の加工方法、基板の加工方法による半導体デバイスの製造方法に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

近年、モールド上の微細な構造を樹脂や金属等の被加工部材に転写する微細加工技術が開発され、注目を集めている。

この技術は、ナノインプリントあるいはナノエンボッシングなどと呼ばれ、数nmオーダーの分解能を持つため、ステッパー、スキャナ等の光露光機に代わる次世代の半導体製造技術としての期待が高まっている。

さらに、立体構造をウエハレベルで一括加工可能なため、フォトニッククリスタル等の光学素子、μ-TAS (Micro Total Analysis System) など

50

のバイオチップの製造技術、等として幅広い分野への応用が期待されている。

【0003】

このような加工技術は、例えば半導体製造技術に適用する場合には、以下のように行われる。

基板（例えば半導体ウエハ）上に光硬化型の樹脂層を有するワークと、当該樹脂に所望の凹凸パターンが形成されたモールドを合わせて、両者の間に樹脂を充填させ、紫外光を照射することで樹脂を硬化させる。

これにより、樹脂層に上記パターンが転写されるので、この樹脂層をマスク層としてエッチング等を行い、基板へのパターン形成が行われる。

また、半導体のリソグラフィーにインプリントを用いる場合、製造するチップの大きさにあわせてモールドを作り、基板上への転写を繰り返し行うステップアンドリピート方式が適しているとされている。10

その理由は、ウエハサイズの増加に伴う重ね合わせやモールドパターンそのものの積算誤差を減少して精度を向上させることができ、あるいはサイズの増加に伴うモールド作製のコストを削減することができるからである。

基板上に転写された樹脂層には、パターンの下地に一般に残膜と呼ばれる厚みが存在する。。

これを除去することにより、基板の加工を行うためのマスク層が完成する。本明細書では、このマスク層をエッチングバリアと記すことにする。

【0004】

従来例によるインプリント方法において、特許文献1では、上記したエッチングバリアを形成するに際し、UV硬化樹脂のみを単層で用い、全面をエッチングすることによりエッチングバリアを形成する方法が提案されている。20

このようなプロセスを本明細書では単層プロセスと記すことにする。

また、全面をエッチングして均等に膜厚を減らす処理のことを、本明細書ではエッチバックと記すことにする。

【0005】

また、特許文献2では、樹脂層とエッチング選択比の取れる材料を用いて反転パターンを形成する方法が提案されている。30

この方法では、樹脂層の上に、樹脂層とエッチング選択比の取れる材料による反転層を塗布し、樹脂層の凸部が露出するまでエッチバックを行う。

最後に、樹脂層の凹部に埋め込まれた反転層をマスクに、樹脂層をエッチングする。

このようなプロセスを本明細書では反転プロセスと記すことにする。

この方法では、エッチングバリアはより垂直な加工形状となり、かつ寸法精度も高くなるとされている。

【特許文献1】特開2000-194142号公報

【特許文献2】米国特許出願公開2006/0060557号明細書

【非特許文献1】Stephan Y. Chou et al., Appl. Phys. Lett., Vol. 67, Issue 21, pp. 3114-3116 (1995).

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記した従来例のインプリント方法によって、基板上にパターンを形成する場合、つぎのような問題が生じる場合がある。

すなわち、図8に示すように、1ショット分のインプリントを行った際、ショット外に樹脂が押し出され、モールド1251の縁に沿うように基板1253にはみ出し領域1254を形成してしまうことがある。

このはみ出し領域1254の樹脂層の膜厚は、ショット内の加工領域1255における樹脂層の膜厚よりも厚くなることが多い。

例えば、加工領域1255における樹脂層の膜厚や、パターンの凹凸が数十nm～数百nm50

m程度であるのに対し、はみ出し領域1254の樹脂層の厚さは数μm以上になることがある。

【0007】

半導体リソグラフィーにインプリントを用いる場合、前述したようにステップアンドリピート方式が適しているとされているが、ステップアンドリピート方式により基板上への転写を繰り返し行つた際には、はみ出し領域1254が各ショットに形成される。

このようなはみだし領域1254が形成されることにより、はみ出し領域の近傍と、はみ出し領域から離れたところでエッティングの特性が変化してしまうという問題が生じる場合がある。

例えば、凹凸パターンと比較してはるかに大きいオーダーの突起状の構造が近傍に存在する場合、エッティング中のプラズマの電界分布を乱したり、エッティングガスの流れを妨げてしまったりする場合がある。

また、エッティングは化学的な反応を含むことから、樹脂層の露出面積が非常に大きいはみ出し部分近傍では、はみ出し領域から離れたところと比べてエッティングガスの消費量が局所的に多く必要になってしまう場合がある。

このような現象により、はみ出し領域近傍と、はみ出し領域から離れたところでエッティングの特性が変化してしまうという問題が生じる場合がある。

【0008】

本発明は、上記課題に鑑み、加工領域からはみ出した、はみ出し領域の樹脂層を容易に除去することが可能となるインプリント方法および基板の加工方法、基板の加工方法による半導体デバイスの製造方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、つぎのように構成したインプリント方法および基板の加工方法、基板の加工方法による半導体デバイスの製造方法を提供するものである。

本発明のインプリント方法は、基板上の樹脂に、モールドのパターンをインプリントしてパターンを形成する工程を、複数回繰り返し行うインプリント方法であつて、第1回目のパターンを形成する工程と、第2回目のパターンを形成する工程と、を有し、前記第1回目のパターンを形成する工程は、前記基板上に形成された樹脂に、前記モールドを接触させ、該モールドのパターンに対応する凹凸パターンを形成した第1の加工領域と、該第1の加工領域の周囲に前記樹脂によるはみ出し領域を形成する工程と、前記第1の加工領域の上に、該第1の加工領域を保護する第1の保護層を形成する工程と、前記第1の保護層によって、前記第1の加工領域の樹脂層に形成されたパターンが除去されないように保護しながら、前記はみ出し領域の樹脂層を除去する工程と、を有し、前記第2回目のパターンを形成する工程は、前記はみ出し領域を含む前記第1の加工領域と隣接する領域に形成された樹脂に前記モールドを接触させ、第2の加工領域を形成する工程と、前記第2の加工領域の樹脂層に、該第2の加工領域を保護する第2の保護層を形成する工程と、前記第1及び第2の保護層によって、前記第1及び第2の加工領域の樹脂層に形成されたパターンが除去されないように保護しながら、前記第2の加工領域の周囲にはみ出した樹脂を除去する工程と、

を有することを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、前記第1回目のパターンを形成する工程において、第1方向または該第1方向と直交する第2方向の少なくともいずれかの方向に、前記第1の加工領域に複数の加工領域を形成するに際し、

前記複数の加工領域における各加工領域の間隔を、前記加工領域の幅の長さの整数倍とすることを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、前記加工領域の幅の長さに、前記モールドの加工誤差および前記基板と前記モールドの位置合わせ誤差による調整量を加えた長さが含まれていることを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、前記パターンを形成する工程を3回繰り返し行う

10

20

30

40

50

ンプリント方法であって、

前記第1の加工領域において前記第1方向に形成される各加工領域の間隔を、前記第1の加工領域の幅の長さの2倍とすると共に、前記第2方向における加工領域は互いに隣接しない間隔として、前記各加工領域を形成する工程と、

前記第2回目のパターンを形成する工程の後に、前記第2の加工領域と隣接する領域に第3の加工領域を形成する工程と、

を有することを特徴とする。

また、本発明のインプリント方法は、前記パターンを形成する工程を複数回繰り返し行うに際し、各パターンを形成する工程に異なるモールドを用いることを特徴とする。

また、本発明の基板の加工方法は、上記したいずれかに記載のインプリント方法により、
基板上の樹脂にインプリントされたパターンをマスクとして前記基板を加工する工程を有することを特徴とする。
10

また、本発明の半導体デバイスの製造方法は、上記した基板の加工方法を用いて構造体を形成する工程を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、加工領域からはみ出した、はみ出し領域の樹脂層を容易に除去することが可能となるインプリント方法および基板の加工方法、基板の加工方法による半導体デバイスの製造方法を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明を実施するための最良の形態を、以下の実施例により説明する。

【実施例】

【0012】

以下に、本発明の実施例について、図を用いて説明する。

なお、以下の各図において、同一または対応する部分には同一の符号が付されている。

【実施例1】

実施例1では、図1と図2を用いて、本発明を適用したインプリント方法について説明する。

【0013】

まず、図1において、工程101では、基板上に形成した樹脂層にモールドのパターンを転写する。

具体的には、図2(a)に示すように、基板203上に樹脂層202を形成する。

その後、図2(b)のように、モールド201を樹脂層202に接触させてから、樹脂層202を硬化する。このとき、モールド201により加工領域205から押し出された樹脂層202がはみ出し領域204となって形成される。

そして、図2(c)のように、モールド201を樹脂層202から剥離し、モールド201上のパターンを樹脂層202上に転写する。

これにより、基板上の樹脂に、モールドが有するパターンに対応する凹凸パターンが形成された加工領域205と、該加工領域の全周に前記樹脂によるはみ出し領域204が形成された第1層が形成される。
40

モールド201は表面に所望の凹凸パターンを有し、材質には、例えばシリコン、石英、
サファイア等が用いられる。

また、パターンのある表面は、一般的な離型処理として、フッ素系シランカップリング剤等を用いた離型処理を施す。なお、本明細書では、離型処理により形成される離型層を含めてモールドと称する。

樹脂層202に用いる材料は、アクリル系、あるいはエポキシ系の光硬化性樹脂、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂等が、適用可能である。

【0014】

次に、図1に戻って、工程102では、工程101で生じた樹脂層のはみ出し領域を側

10

20

30

40

50

壁として利用し、加工領域上に保護層を形成する。

具体的には、図2(d)のように、樹脂層202における加工領域205とはみ出し領域204との境界に形成されたはみ出し領域の側壁を境界壁として、加工領域205を保護するように保護層301を形成する。

保護層301は、樹脂層202とエッティング選択比の取れる層で形成されている。

すなわち、この保護層301は、工程103ではみ出し領域204の樹脂層を除去するエッティングを行う際に、加工領域205の樹脂層を保護することが可能な材料で形成されている。

保護層301の材料としては、 SiO_2 、 SiN 等のシリコン系の材料、シリコンを含有した樹脂、 TiO_2 や Al_2O_3 等の絶縁膜、一般的な金属材料等の中から選ぶことができる。

【0015】

図1に戻って、工程103では、工程102で形成した保護層301で加工領域205を保護した状態で、はみ出し領域204の樹脂層を除去する。

具体的には、図2(e)に示すように、加工領域205の樹脂層202の上に形成されている保護層301をマスクとして、はみ出し領域204の樹脂層202をエッティングにより除去する。

この除去工程において、例えば保護層301として SiO_2 を用いた際には、樹脂層をエッティングするガス系として、 O_2 、 O_2/Ar 、 O_2/N_2 等の O_2 をベースとしたものが利用可能である。あるいは、 N_2 、 H_2 、 NH_3 、これら3ガスの混合系をベースとしたものが利用可能である。また、保護層301をエッティングするガス系として、 CF_4 、 CHF_3 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_8 、 C_5F_8 、 C_4F_6 等のフルオロカーボン系をベースとしたものを用いることができる。

例えば、樹脂層202としてアクリル系の光硬化性樹脂、保護層301として酸化ケイ素化合物を用いた際には、エッティングするガスとして O_2 を用いることでエッティング選択比は50以上となる場合がある。

よって、保護層301をマスクとして樹脂層202をエッティングすることが可能となる。最後に、図1の工程104で、保護層301を除去した後に、加工領域205に形成されている凹凸パターンを基板203に転写する。

なお、保護層301を除去せずに、エッチバックにより樹脂層の凸部を露出させ、保護層301をマスクとして基板203を加工してもよい。

【0016】

本実施例では、工程103で樹脂層の加工領域205のみが保護層301により保護されるように、工程101と工程102において樹脂層202と保護層301を形成することが望ましい。

つまり、工程102で保護層301を形成する際に、保護層301が上記した境界壁からはみ出し領域側にはみ出すことなく、加工領域205全域を保護できるように、はみ出し領域204の樹脂層と保護層301を調整して形成する。

基板203上への樹脂層202の形成方法としては、インクジェットやディスペンサにより液滴状に塗布する方法や、スピンドルコートにより塗布する方法等が適用可能である。

図2(b)におけるはみ出し領域204の樹脂層の形成では、樹脂層202の壁(加工領域よりも膜厚が大きい箇所)が、加工領域205の全域を包み込むように形成されるようになることが望ましい。

また、上記した境界壁として、保護層301を、加工領域205上に留めておくのに十分な高さの境界壁を形成することが望ましい。

はみ出し領域204の樹脂層202が、最小限のはみ出し領域で加工領域205の全域を包み込むように形成するためには、つぎのような手法を探ることができる。

例えば、モールド201と基板203の間に樹脂を充填する際に、モールド201の周囲に均等な量の樹脂がはみ出すように、樹脂を流動させる手法を探ることができる。

【0017】

図3はモールド201の周囲に均等な量の樹脂をはみ出させる方法の一例を説明するための図である。

ここでは説明を簡単にするため、平坦なモールドを用いて基板に対向配置し、基板表面に対して水平な面をインプリントで形成する場合を例に挙げて説明する。図3(a)は樹脂塗布の配置の一例を示した図である。この図のように、加工領域205の中心に樹脂液滴を一滴塗布する。

次に、図3(b)に示すように、モールド201のパターン面と基板203の表面が対向している状態で、モールド201を樹脂層202に接触させる。

このような方法により、加工領域205の中心に対して対称に樹脂を流動させることができる。

その結果、図3(c)に示すように、加工領域205の全域を包み込むようにはみ出し領域204に樹脂層を形成することができる。

なお、平行溝や縦溝でピッチの異なる格子配列等、転写するパターンがある方向に樹脂流動を促進するような形状であるなど、樹脂流動が一定とならない場合がある。

このような際には、例えば樹脂の広がりにくい方向に複数の樹脂滴を配列するなど、それを考慮した樹脂滴の配置やモールド201の樹脂に対する接触の仕方とすることで、モールド201の周囲に均等な量の樹脂がはみ出すようにする。

また、保護層301を加工領域205上に留めておくのに必要な高さの壁を形成するために、後述する十分な量の樹脂を塗布する。

【0018】

つぎに、はみ出し領域での境界壁の必要な高さについて説明する。

図4に、本実施例におけるはみ出し領域での境界壁の必要な高さについて説明する図を示す。この図は、はみ出し領域204の樹脂層202による壁の必要な高さを説明するため、図2(d)におけるはみ出し領域204の近傍を拡大した図である。

図4において、 t_1 は樹脂層202の残膜の膜厚、 t_2 は樹脂層202のパターン高さ、 t_3 は保護層301の膜厚(第2層の膜厚)、 t_4 ははみ出し領域204における樹脂層202の高さである。

【0019】

保護層301が、加工領域205の樹脂層のみを保護し、はみ出し領域204の樹脂層に広がらないようにするために、 $t_4 > t_1 + t_2 + t_3$ の関係を満たすようにする。

例えば、 t_1 が100nm、 t_2 が100nm、 t_3 が100nmとする場合は、 t_4 が300nmより大きくなるようにする。

このとき、保護層301端部の表面が表面張力により、はみ出し領域204の側壁を伝つて3μm程度上昇する際には、例えば表面張力によるせり上がりを考慮して t_4 が4μm程度となるようにする。

また、例えば t_1 が100nm、 t_2 が100nm、 t_3 が1μmとする場合には、 t_4 が1.2μmより大きくなるようにする。

この場合にも同様に表面張力を考慮して好ましくは t_4 を5μm程度となるようにする。なお、その際、保護層301の物性により、必要な高さが変わる。

【0020】

つぎに、上記した境界壁を、保護層を加工領域上に留めておく高さに形成するために必要な樹脂量について説明する。

図5に、本実施例における保護層を加工領域205上に留めておく境界壁を形成するため必要とされる樹脂量について説明する図を示す。

図5において、 d_1 は加工領域205の幅、 d_2 ははみ出し領域204の幅である。

図5(a)は工程102で形成された樹脂層202を上から見た図である。

説明を簡単にするため、正方形の形状をした加工領域205に対して、はみ出し領域204の外側の境界も正方形の形状となる例について説明することとする。また、モールドの凹凸パターン形状は無いものとする。図5(b)は図5(a)におけるA-A'の断面を示した図である。

10

20

30

40

50

【0021】

このとき、必要な樹脂量 V は以下の式を満たすようにする。

$$V = t_1 d_1^2 + 2t_4 d_1 d_2 + \frac{4}{3} t_4 d_2^2$$

【0022】

例えば、このように算出される樹脂量を塗布することで、保護層を加工領域 205 上に留めておくのに必要な高さの境界壁を形成することができる。

より正確に必要な高さの境界壁を形成するためには、上記 V にモールドの凹凸パターン形状分の樹脂量を考慮する必要がある。

【0023】

次に、保護層の形成方法について説明する。

前述したように、保護層は加工領域 205 上のみに形成することが望ましい。

保護層の形成方法として、例えばディスペンサによる塗布、インクジェットによる少量多点塗布、スプレーコートによる塗布、加工領域 205 のみを露出するマスクを用いた蒸着等の方法が適用可能である。

勿論、スプレーコートで塗布する際にマスクを用いるなどしてもよい。

その後の工程ではみ出し領域の樹脂層を除去した後に、保護層が加工領域から流動してはみ出してしまう場合は、保護層を塗布や蒸着により形成した後に保護層が流動しない状態にする必要がある。

例えば、保護層を形成する材料を溶媒に溶かした状態で塗布した際には、加熱すること等により溶媒を蒸発させる。

【0024】

また、後述する反転プロセスにおいて、保護層をエッチバックしてマスクとするためには、保護層の膜厚を均一にすることが好ましい。

均一でない場合にはパターンが消失してしまう可能性があるからである。

保護層を均一な膜厚にするためには、例えば、樹脂層 202 に濡れ易く、低粘度である材料を保護層に用いる。

具体的には、樹脂層に対する接触角が 90 度以下で、粘度が 20 cP 以下の状態で保護層の材料を塗布することで、保護層が自発的に加工領域 205 全域に流動し、自発的に保護層の膜厚を均一にことができる。

また、均一な保護層を形成するために、平坦な板で保護層を押し広げてもよい。具体的には、保護層に光硬化樹脂を用いて、パターンの存在しない平坦なモールドで保護層をインプリントすることも可能である。

このとき、樹脂層 202 と保護層のエッチング選択比がとれるように、それぞれの材料を選択することが必要となる。

【0025】

以上のように樹脂層 202 および保護層を形成することで、工程 102 において、保護層が加工領域 205 上からはみ出すこと無く加工領域 205 全域を保護できるように、保護層を形成することができる。

【0026】

[実施例 2]

実施例 2 では、本発明におけるインプリント方法を用いた、単層プロセスにより基板にパターンを加工する基板の加工方法について説明する。

図 6 (a) の工程は、保護層である第 2 層を除去する第 2 層の除去工程であり、図 4 に示される樹脂層 202 上に保護層 301 が形成されている状態から、保護層 301 のみを除去した段階である。保護層 301 を除去するには、例えば保護層 301 に SiO_2 をベースとしたものを用いる際にはフッ化水素酸を用いたウェットエッチングが用いられる。

10

20

30

40

50

次に、図6 (b) に示すように、樹脂層202のエッチバックにより、樹脂層202の残膜を除去し、図6 (c) に示すように樹脂層202をマスクとして基板をエッティングする。

最後に、図6 (d) に示すように、マスクとして使用した樹脂層202を除去する。

以上の各工程により、はみ出し部分の樹脂層を除去した状態で、所望の凹凸パターンを基板に加工することができる。

【0027】

[実施例3]

実施例3では、本発明におけるインプリント方法を用いた、反転プロセスにより基板にパターンを加工する基板の加工方法について説明する。

図7に、本実施例における反転プロセスにより基板にパターンを加工する基板の加工工程を説明する図を示す。

本実施例のように、保護層301に樹脂層202とエッティング選択比の取れる前述の材料を用いることで、保護層301を反転層として利用することができる。例えば、このような材料としては、樹脂層202としてアクリル系の光硬化樹脂、保護層301として酸化ケイ素化合物がある。

【0028】

図7 (a) に示すように、樹脂層202上に保護層301が形成されている状態から、保護層301をエッチバックして樹脂層202の凸部を露出させる。

次に、図7 (b) に示すように、保護層301をマスクとして樹脂層202をエッティングする。

次に、図7 (c) に示すように、保護層301およびその下の樹脂層202をマスクとして基板203をエッティングする。

次に、図7 (d) に示すように、マスクとして使用した保護層301と樹脂層202を除去する。

【0029】

以上の各工程により、はみ出し領域の樹脂層を除去した状態で、所望の凹凸パターンを基板に加工することができる。

このような反転プロセスによる方法は、単層プロセスのように樹脂層202自身のエッチバックにより樹脂層の残膜を除去しないため、パターン上部のエッジ形状を保つことが可能となる。

のことより、単層プロセスより転写精度を向上させることが可能となる。

【0030】

[実施例4]

半導体のリソグラフィーにインプリントを用いる場合、基板の大きさより小さいモールドを用いて、基板上への転写を繰り返し行うステップアンドリピート方式が適しているとされている。

その理由は、ウエハサイズの増加に伴う重ね合わせやモールドパターンそのものの積算誤差を減少して精度を向上させることができるからである。また、サイズの増加に伴うモールド作製のコストを削減することができるからである。

しかしながら、上述したインプリント方法では、モールドよりもサイズの大きいデバイスを製造することが困難であるという問題を有している。

すなわち、図8に示すように、基板上1253にパターンを加工する場合に、1ショット分のインプリントを行った際、ショット外に樹脂が押し出され1252、モールド1251の縁に沿うようにはみ出し領域1254を形成してしまう場合が生じる。

このように形成されたはみ出し領域の幅は、一般にパターンの大きさまたはパターンの周期よりも大きくなる。

また、この部分の樹脂層の膜厚は、ショット内の領域1255(加工領域)における樹脂層の膜厚よりも厚くなることが多い。

例えば、加工領域1255における樹脂層の膜厚や、パターンの凹凸が数十nm～数百nm

10

20

30

40

50

m程度であるのに対し、はみ出し領域1254における樹脂層の厚さは数μm以上になることがある。

【0031】

このようなはみだし領域1254上にはパターンを形成することが困難なため、隣接するショット間に、少なくともはみ出し領域1254の幅の分だけ隙間が生じてしまう。この結果、モールドが有するパターンをつなぎ合わせてサイズの大きいデバイスを製造することが困難となる。

また、サイズの大きいデバイスを製造しない場合であっても、はみ出し領域1254により、1枚のウエハから取れるチップ数が減少し、製造コストが上がってしまうという問題が生じる。

10

以下、本実施例では、このような課題に鑑み、隣接する加工領域間のパターン同士をつなぐことを可能とし、製造コストの低減化を図ることができるインプリント方法および基板の加工方法について説明を行なう。

図9に、本実施例におけるインプリント方法のフローについて説明する図を示す。

工程1101は、1回目の転写工程である。

ここでは、基板上に形成した樹脂層に、ステップアンドリピート方式によって、モールドのパターンを転写するインプリントを、1回または複数回行うことにより第1の加工領域を形成する。

また、工程1102は1回目の除去工程である。

ここでは、工程1101で上記第1の加工領域の周囲にはみ出した樹脂によるはみ出し領域を除去する。

20

これにより、第1回目のパターンが形成される。

このように、本実施例のパターンを形成する工程は、上記したように、転写工程と、転写工程を行った後にはみ出し領域を除去する除去工程と、による一連の工程からなっている。

【0032】

工程1103は、第2の加工領域を形成する2回目の転写工程である。

ここでは工程1102で樹脂層を除去したはみ出し領域上に加工領域が重なるようにインプリント工程を行う。

工程1104は2回目の除去工程である。

30

ここでは、工程1103で上記第2の加工領域の周囲にはみ出した樹脂によるはみ出し領域を除去する。

これにより、第2回目のパターンが形成される。

【0033】

このように転写工程と除去工程との一連の工程からなるパターンを形成する工程を、第3回目以降においても複数回繰り返すことで、一旦生じたはみ出し領域上にもパターンを転写することが可能となる。

図9では、1105がN回目の転写工程、1106がN回目の除去工程である。なお、本実施例では、パターン形成工程を3回繰り返し行う場合について説明する。

【0034】

図10(a)は、図2(a)から(e)に示した工程により、1回目の転写工程を行った後の図である。1回目の転写工程で形成された樹脂層401には保護層301(第1の保護層)が設けられており、404は1回目の転写工程におけるはみ出し領域、405は1回目の転写工程における加工領域である。

そして、図10(a)に示すように、基板203上に樹脂層402を形成する。この際に、2回目の転写工程のインプリント工程における加工領域407が、1回目の転写工程におけるはみ出し領域404に重なるようにモールド201および樹脂層402を配置する。

図10(b)に示すように、モールド201を樹脂層402に接触させて、モールド201と基板203の間に樹脂層402を充填させる。

40

50

このとき、モールド 201 により加工領域 407 から押し出された樹脂層 402 の一部は、1 回目の転写工程における加工領域 405 の保護層 301 上にもはみ出す。

図 10 (c) で、樹脂層を硬化させた後、モールド 201 を硬化した樹脂層 403 から剥離することで、モールド 201 上のパターンが樹脂層 403 上に転写される。

図 10 (d) および図 10 (e) では、1 回目の除去工程と同様に、加工領域 407 の樹脂層 403、および加工領域 405 の樹脂層 401 を保護層 301 (第 2 の保護層) で保護しながら、はみ出し領域 406 の樹脂層 403 のみ除去する。

【0035】

以上のような工程を行うことにより、もともと樹脂層がはみ出してしまってい、パターンを転写することができなかった領域にもパターンを転写することが可能となる。 10

これにより、隣接する加工領域の隙間低減、および隣接する加工領域のパターンをつなげることが可能となる。

ここで一般的には、隙間低減およびパターンをつなげるために、低減またはつなぎの精度と同等の精度をもつモールド 201 と基板 203 の位置合わせが必要である。

同様に、3 回目のパターン形成工程においても、それ以前の工程におけるはみ出し領域に 3 回目の加工領域を重ねてパターンを転写し、はみ出し領域の樹脂層のみを除去する。

【0036】

つぎに、パターン形成工程を 3 回繰り返し行うインプリント方法について具体的に説明する。

図 11 に、パターン形成工程を 3 回繰り返し行うインプリント方法において、各転写工程における加工領域の配置について詳細に説明するために基板を上から見た図を示す。 20

501 は 1 回目の転写工程における加工領域 (第 1 の加工領域)、502 は 2 回目の転写工程における加工領域 (第 2 の加工領域)、503 は 3 回目の転写工程における加工領域 (第 3 の加工領域) である。

図 11 (a) に、第 1 回目のパターンを形成する工程での 1 回目の転写工程における加工領域 (第 1 の加工領域) の配置を示す。

図における第 1 方向の配置は、第 1 方向に対する各加工領域の間隔が、加工領域の第 1 方向に対する幅の整数倍、例えば 2 倍となるようにする。

但し、ここにおける加工領域幅の 2 倍とは、加工領域幅にモールドの加工誤差および基板とモールドの位置合わせ誤差による調整量を加えた長さの 2 倍とし、以下も同様のものとする。 30

また、第 1 方向と直交する第 2 方向の配置は、第 1 方向には加工領域幅の 1 倍の距離動かし、第 2 方向には例えば加工領域幅の 1.5 倍の距離動かした位置となるようにする。

但し、第 2 方向へ動かす距離は、1.5 倍に限らず、少なくとも加工領域幅にはみ出し領域の幅を加えた距離であり、大きくて加工領域幅の 2 倍の長さからはみ出し領域の幅を引いた距離である。

【0037】

図 11 (b) に、第 2 回目のパターンを形成する工程での 2 回目の転写工程における加工領域 502 の配置を示す。

図における第 1 方向に対して、1 回目の転写工程における加工領域に隣接するように加工領域を配置する。 40

図 11 (c) は、第 3 回目のパターンを形成する工程での 3 回目の転写工程における加工領域 503 の配置を示した図である。

図における第 1 方向に対して、1 回目と 2 回目の転写工程における加工領域の間に 3 回目の転写工程における加工領域を配置する。

本実施例のように加工領域を配置することにより、パターン形成工程を 3 回繰り返すことで基板全域にパターンを転写することができる。

3 回以上繰り返す場合においても、前記複数の加工領域における各加工領域の間隔を、前記各加工領域の幅の長さに、前記第 1 回目のパターンを形成する工程の終了後に、繰り返し行われるパターン形成工程の回数を掛け合わせた長さとして、同様に基板全域に

10

20

30

40

50

パターンを転写することができる。

但し、一般に、パターン形成工程における転写工程と除去工程は、使用する装置を交換する必要があるため、加工方法のスループットを向上させるためには、繰り返し行うパターン形成工程の回数が少ないほうが好ましい。

【0038】

本実施例のように加工領域を配置することにより、パターン形成工程を3回繰り返すだけで、隣接する全ての加工領域に対して、加工領域間の隙間低減、および加工領域のパターン同士をつなぐことができる。

なお、図11は本実施例の1例を示したに過ぎず、各回の転写工程におけるインプリント工程の回数等は、モールドと基板の大きさや形状により異なる。

10

【0039】

図12(a)は、図9における工程1106を終えた段階を図11における第1方向の断面として示した図である。

601は1回目の転写工程で形成された樹脂層、602は2回目の転写工程で形成された樹脂層、603は3回目の転写工程で形成された樹脂層である。

図のように1回目の加工領域501と、2回目の加工領域502と、3回目の加工領域503と、さらに別の1回目の加工領域をつなぐことができる。

本実施例では、前述したように各転写工程において、図11における第1方向に対して加工領域の間隔を加工領域幅の2倍にする。

20

これにより、パターン形成工程を3回繰り返すことで、第1方向に加工領域のパターンをつなげることが可能となる。図12(b)は図12(a)から保護層301のみを除去した状態を示す。保護層301は一連の転写工程および除去工程を行った後除去する。

【0040】

以上の工程により、基板203上に所望のパターンが転写された樹脂層を形成することができる。

このように本実施例では、転写工程と除去工程を交互に行い、それを3回ずつ繰り返す。そして、各転写工程における加工領域の配置を図11に示すような配置にすることにより、隣接する全ての加工領域に対して、加工領域間の隙間を低減し、加工領域のパターン同士をつなぐことができる。

また、パターン同士をつなぎあわせない場合にも、製造コストの低減を図ることが可能である。

30

【0041】

また、本実施例において、加工領域の樹脂層の膜厚が均一となり、はみ出し領域の前記基板表面における高さが所定の高さになるように、前記基板上に塗布する樹脂の量および樹脂の分布を制御することが望ましい。

例えば、図10に示すような2回目の転写工程におけるインプリント工程では、はみ出し領域404上に1回目の転写工程で形成された加工領域405の樹脂層401がある。

このため、加工領域407からはみ出される樹脂が影響を受け、加工領域407の樹脂層403の膜厚が大きくなる、またははみ出し領域406の樹脂層による壁の高さが部分的に高くなる場合がある。

40

このため、2回目の転写工程では、1回目の転写工程よりも塗布する総樹脂量を少なく調整するといよい。

また、1回目の転写工程における加工領域が隣接している箇所の樹脂量が少なくなるように樹脂を分布させるとよい。

このように、はみ出し領域における樹脂層の壁の高さおよび加工領域の樹脂層の膜厚を調整することで、保護層301を加工領域405上のみに形成することができ、また後述する基板へのパターン転写時における転写精度の低下を低減することができる。

【0042】

また、本実施例においてパターンが転写された樹脂層をマスクとして、基板203にパターンを転写することも可能である。図13にその方法を説明する図を示す。

50

基板上に転写された樹脂層には、パターンの下地に一般に残膜と呼ばれる厚みが存在する。

図13(a)は樹脂層206の残膜を除去した状態を示す。

図12(b)の状態から、残膜が無くなるまで樹脂層の全面の膜厚を均等に減らすエッティングを行った段階である。次に、残った樹脂層206をマスクとして基板のエッティングを行い図13(b)に示す状態となる。

最後に、残った樹脂層206除去することにより、図13(c)に示すように、基板上に所望のパターンを転写することができる。

なお、本実施例では、基板203へのパターン転写方法は上述した方法のみではなく、他の基板加工方法も取り得る。

例えば、図14は基板203にパターンを転写する別の方法を説明するために示した図である。

1001は反転層である。この方法では、樹脂層の上に、樹脂層とエッティング選択比の取れる材料による反転層を形成する。

反転層に用いる材料としては、前述した保護層と同様の材料を用いることができる。樹脂層の上に反転層を形成すると、図12(a)に示した状態で保護層を反転層として見なした際と同様になる。

前述した保護層を用いたはみ出し領域の樹脂層除去工程を行った際には、樹脂層の上に保護層が形成されている図12(a)の状態から工程を続けることが可能である。この際には保護層を反転層と見なす。

【0043】

図14(a)は、図12(a)の状態から、樹脂層206の凸部が露出するまで反転層1001の全面を均等にエッティングした状態を示す。

例えば反転層として SiO_2 を用いた際には、反転層をエッティングするガス系として、 CF_4 、 CHF_3 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_8 、 C_5F_8 、 C_4F_6 等のフルオロカーボン系をベースとしたものを用いることができる。

次に、樹脂層206の凹部に埋め込まれた反転層1001をマスクに、樹脂層206をエッティングすると図14(b)に示す状態となる。

次に、そのまま反転層1001をマスクに基板もエッティングすると図14(c)に示す状態となる。

最後に残った反転層1001および樹脂層206を除去すると図14(d)に示す状態となり、基板上に所望のパターンを転写することができる。

このような反転層による基板へのパターン転写方法は、樹脂層206自身の全面エッティングにより樹脂層の残膜を除去しないため、パターン上部のエッジ形状を保つことが可能となる。

このことより、樹脂層206をマスクとして基板をエッティングする方法より転写精度を向上させることが可能となる。

【0044】

最後に、本発明における各加工領域のパターンのつなぎについて説明する。例えば、ピッチがXのドットパターンを加工領域205に転写する際に、本発明を用いない場合には図15(a)に示すようになることがある。

すなわち、隣接する加工領域間のはみ出し領域204の幅をYとしたとき、ピッチはY以上となる。ここで、YがXよりも大きい場合等では隣接する加工領域間でピッチをXにすることが難しい。

これに対して本発明を用いることで、図15(b)に示すように、はみ出し領域にもパターンを形成することができ隣接する加工領域同士を近接させることができるとなるため、隣接する加工領域間でドットパターンのピッチをXにことができる。

このように本実施例では、隣接する加工領域間のパターンをつなぐことが可能となる。このような加工方法は、屈折率の分布が面内方向に周期的に配列されているフォトニック結晶などの構造体に好適に用いることができる。

10

20

30

40

50

なお、つなぐことができるパターンとしてはドットパターンに限らず、ラインアンドスペースパターンやホールパターン、及び自由パターン等の他のパターンにも適用可能である。

また、本実施例においてモールドの加工領域の形状は、四角形に限らず、例えば六角形など広く適用可能である。

【0045】

[実施例5]

実施例5においては、実施例4とは別の加工領域の配置方法による構成例について説明する。

実施例4との差異は各回の加工領域の配置方法であるため、その部分についてのみ説明する。

図16を用いて、パターン形成工程に4回繰り返す方法について説明する。

1201は1回目の転写工程における加工領域、1202は2回目の転写工程における加工領域、1203は3回目の転写工程における加工領域、1204は4回目の転写工程における加工領域である。

まず、図16(a)に示すように、1回目の転写工程において、加工領域の並びの周期を第1方向、第2方向共に加工領域幅の2倍として加工領域1201にパターンの転写を行い、その後除去工程を行う。

次に、図16(b)、図16(c)に示すように、2回目の転写工程および3回目の転写工程において、1回目の転写工程における加工領域1201の間の加工領域1202と1203のそれぞれにパターンを転写して、除去工程を行う。

最後に、図16(d)に示すように、残った領域である加工領域1204に4回目の転写工程でパターンを転写して除去工程を行う。パターン形成工程を3回繰り返す方法では、加工領域の配置において、第1方向または第2方向のどちらか一方向は加工領域の端を揃えることはできない。

これに対して、パターン形成工程を4回繰り返す方法では、第1方向と第2方向の両方で加工領域の端を揃えることが可能となる。

つまり、網の目上に加工領域の端をダイシングする場合等、第1方向と第2方向の両方で加工領域の端を揃える必要がある場合においても、それぞれの加工領域のパターンをつなぎでパターンを転写することが可能である。

【0046】

図17を用いて、パターン形成工程を2回繰り返す方法について説明する。

図17(a)に示すように、1回目の転写工程において、第1方向加工領域の並びの周期を加工領域の幅の2倍とし、第2方向の間隔は適当な幅としてパターンの転写を行い、除去工程を行う。

ここにおける適当な幅とは、各インプリント工程におけるはみ出し領域が隣接する加工領域に重ならない幅とする。

次に、図17(b)に示すように2回目の転写工程において、1回目の転写工程における第1方向の加工領域の間にパターンを転写してそれぞれ除去工程を行う。

以上の工程によって、一方向にのみ各加工領域の転写パターンをつなぐ必要がある場合においては、パターン形成工程をそれぞれ3回よりも少ない2回だけ繰り返すことでパターンを転写することが可能となる。

なお、本発明における、パターン形成工程の回数、または加工領域の配置方法、配置の順番、またはモールドの加工領域の形状は、これだけに限るものではない。

【0047】

[実施例6]

実施例6における実施例4と実施例5との差異は、各転写工程に用いるモールドの構成であるため、その部分についてのみ説明する。

本発明では、各転写工程に同じモールドを用いるとは限らない。つまり、例えば実施例2におけるパターン形成工程を4回繰り返す方法において、1回目、2回目、3回目、4回

10

20

30

40

50

目の転写工程にそれぞれ異なるモールドを用いることも可能である。

【0048】

図18(a)は1回目のパターン形成工程を終えた段階を示す。

図18(b)は2回目のパターン形成工程を終えた段階を示す。

ここで、2回目の転写工程に用いたモールドは、1回目の転写工程に用いたモールドとは異なるパターンを持ったモールドである。

図18(c)は3回目のパターン形成工程を終えた段階を示す。3回目の転写工程で用いたモールドは、1回目と2回目とは異なるパターンをもつモールドであり、このモールドを用いて転写工程を行う。

図18(d)は4回目のパターン形成工程終えた段階を示す。4回目の転写工程で用いたモールドも、1回目、2回目、3回目とは異なるパターンをもつモールドであり、このモールドを用いて転写工程を行う。

全ての転写工程に同じパターンをもつモールドを用いた際には、大きくても1つの加工領域分の周期をもつパターンしか転写できない。

しかし、このように各回の転写工程に異なるパターンをもつモールドを用いることで、4倍の周期構造をもつパターンを転写することが可能となる。

【0049】

以上のように、本実施例では、各回の転写工程にパターンの異なるモールドを用いることで、より大きな周期を持つパターンを転写することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の実施例1におけるインプリント方法のフローについて説明する図。

【図2】本発明の実施例1におけるインプリント工程について説明する図。

【図3】本発明の実施例1におけるはみ出し領域の形成について説明する図。

【図4】本発明の実施例1におけるはみ出し領域での境界壁の必要な高さについて説明する図。

【図5】本発明の実施例1における保護層を加工領域上に留めておく境界壁を形成するために必要とされる樹脂量について説明する図。

【図6】本発明の実施例2における単層プロセスにより基板にパターンを加工する基板の加工工程を説明する図。

【図7】本発明の実施例3における反転プロセスにより基板にパターンを加工する基板の加工工程を説明する図。

【図8】従来例におけるインプリント方法について説明する図。

【図9】本発明の実施例4におけるインプリント方法のフローについて説明する図。

【図10】本発明の実施例4における2回目の転写工程および除去工程を説明する図。

【図11】本発明の実施例4におけるパターン形成工程を3回繰り返し行うインプリント方法において、各転写工程における加工領域の配置について説明する図。

【図12】本発明の実施例4における加工領域の配置を説明する図。

【図13】本発明の実施例4における基板への転写方法を説明する図。

【図14】本発明の実施例4における基板への転写方法を説明する図。

【図15】本発明の実施例4におけるパターンのつなぎを説明する図。

【図16】本発明の実施例5における加工領域の配置を説明する図。

【図17】本発明の実施例5における加工領域の配置を説明する図。

【図18】本発明の実施例6における基板加工を説明する図。

【符号の説明】

【0051】

101：インプリント工程

102：保護層形成工程

103：はみ出し領域除去工程

104：基板加工工程

10

20

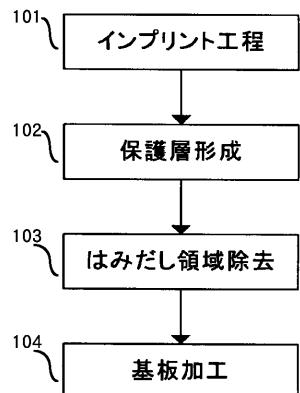
30

40

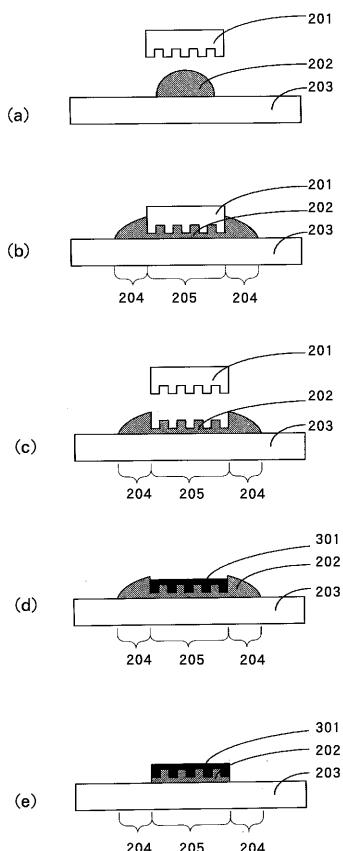
50

2 0 1 : モールド	
2 0 2 : インプリント層	
2 0 3 : 基板	
2 0 4 : はみ出し領域	
2 0 5 : パターン形成領域	
3 0 1 : 保護層	
4 0 1 : 硬化した 1 回目の樹脂層	
4 0 2 : 2 回目の樹脂層	
4 0 3 : 硬化した 2 回目の樹脂層	
4 0 4 : 1 回目のはみ出し領域	10
4 0 5 : 1 回目の加工領域	
4 0 6 : 2 回目のはみ出し領域	
4 0 7 : 2 回目の加工領域	
5 0 1 : 1 回目の加工領域	
5 0 2 : 2 回目の加工領域	
5 0 3 : 3 回目の加工領域	
6 0 1 : 1 回目の樹脂層	
6 0 2 : 2 回目の樹脂層	
6 0 3 : 3 回目の樹脂層	
1 0 0 1 : 反転層	20
1 2 0 1 : 1 回目の加工領域	
1 2 0 2 : 2 回目の加工領域	
1 2 0 3 : 3 回目の加工領域	
1 2 0 4 : 4 回目の加工領域	
t 1 : インプリント層の残膜膜厚	
t 2 : インプリント層のパターン高さ	
t 3 : 保護層の膜厚	
t 4 : はみ出し領域におけるインプリント層の高さ	
d 1 : パターン形成領域の幅	
d 2 : はみ出し領域の幅	30

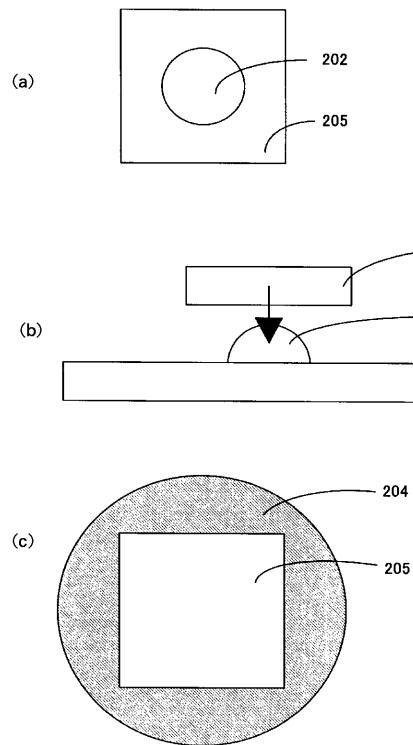
【図1】



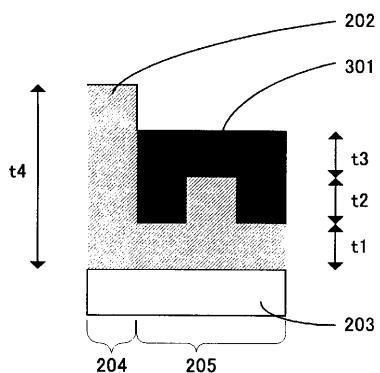
【図2】



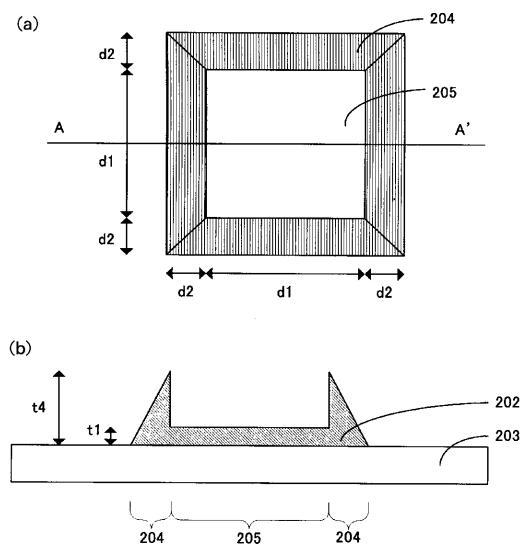
【図3】



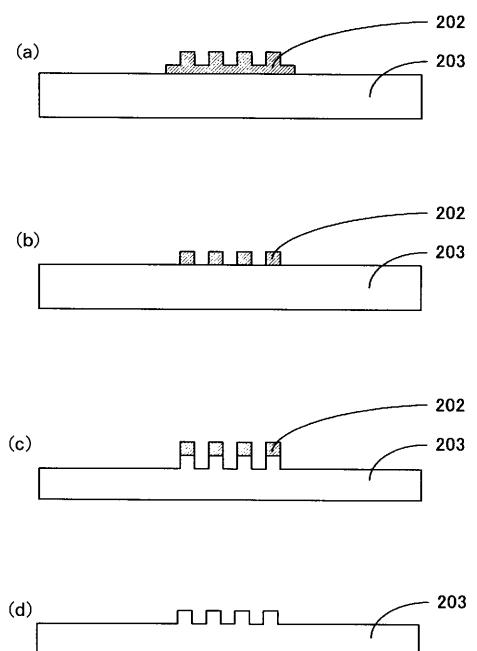
【図4】



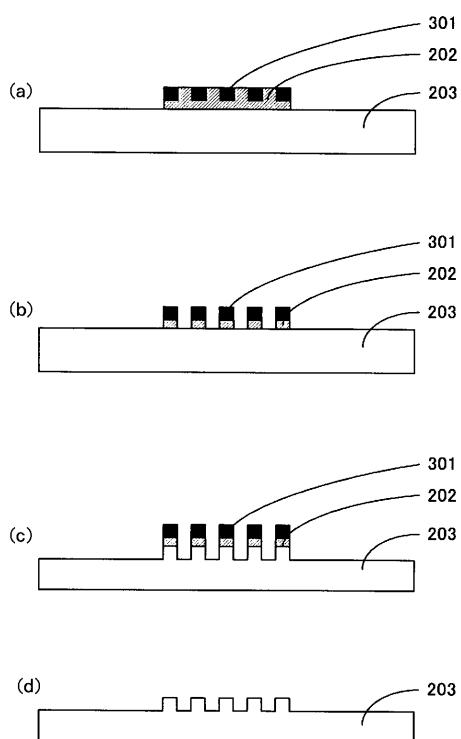
【図5】



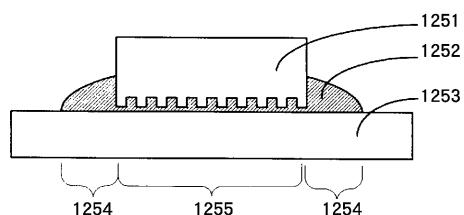
【図6】



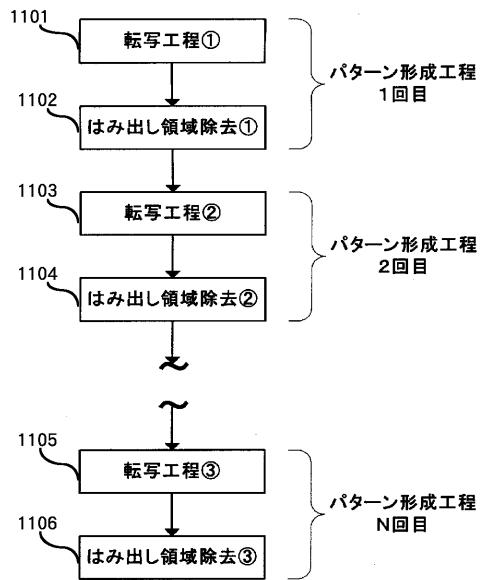
【図7】



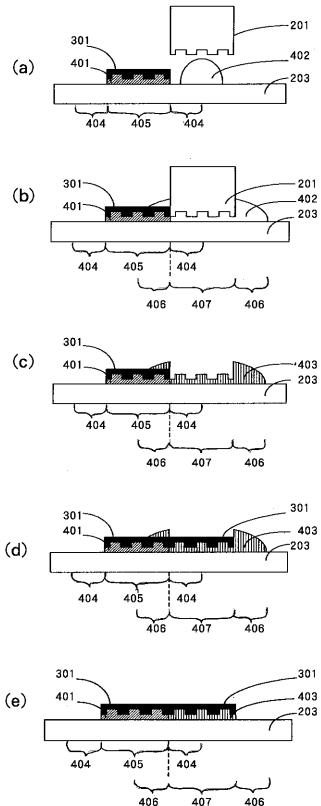
【図8】



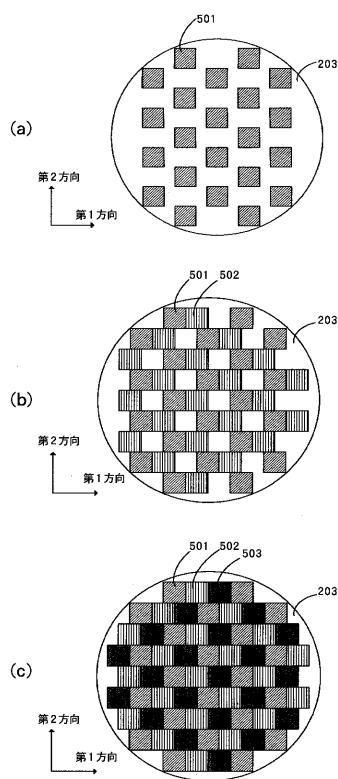
【図9】



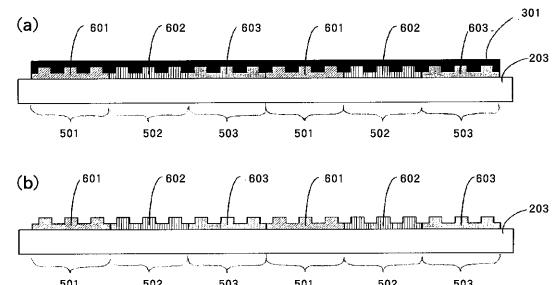
【図10】



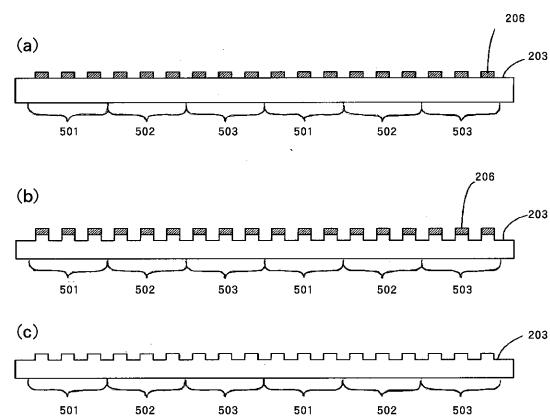
【図11】



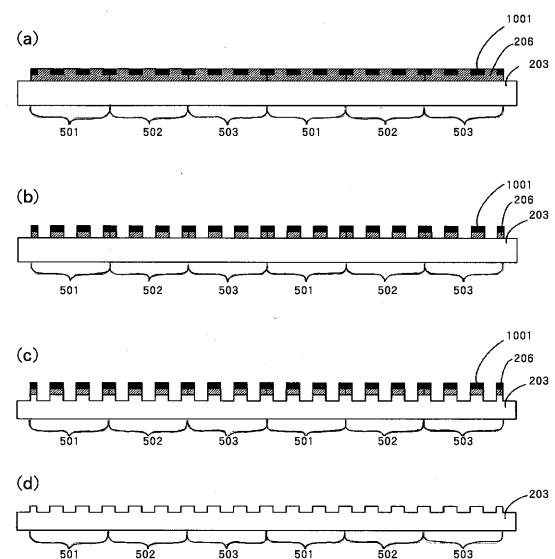
【図12】



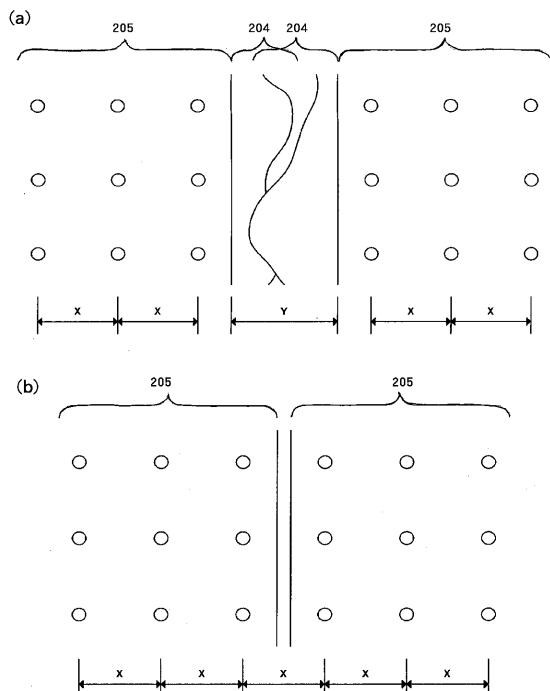
【図13】



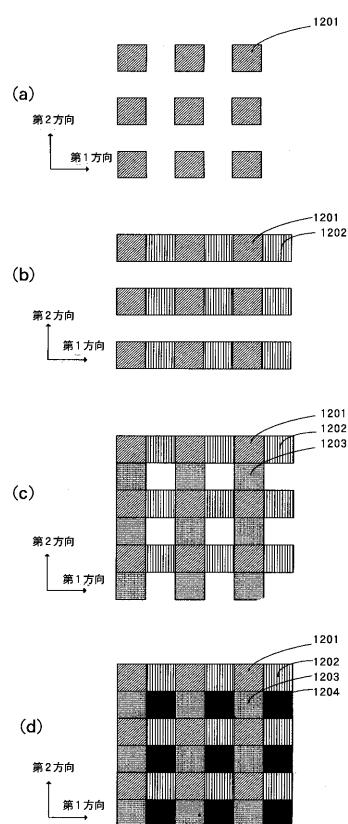
【図14】



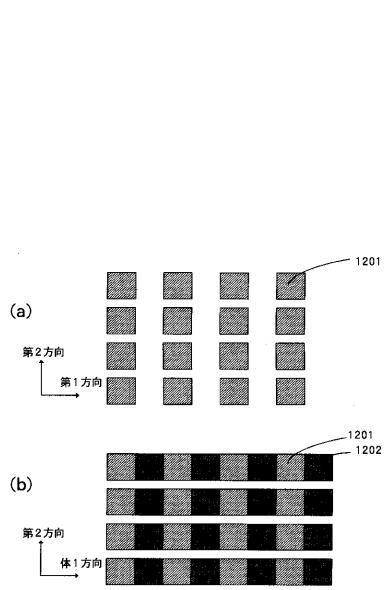
【図15】



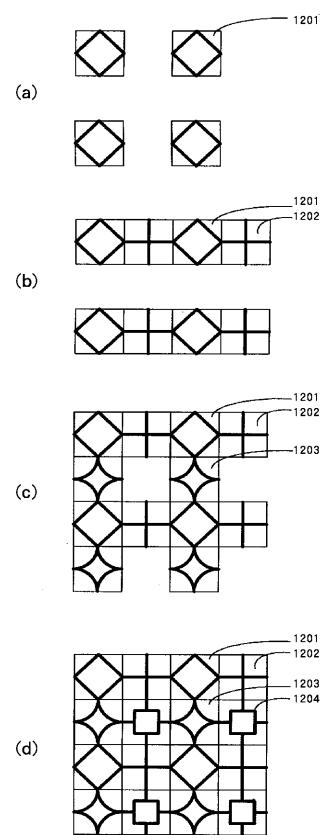
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 小野 治人
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 寺崎 敦則
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 中辻 七郎
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 特開2007-103924 (JP, A)
特開2007-122791 (JP, A)
特開2006-191087 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L 21/027

G 03 F 7/20