

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7334408号
(P7334408)

(45)発行日 令和5年8月29日(2023.8.29)

(24)登録日 令和5年8月21日(2023.8.21)

(51)国際特許分類 F I
G 0 3 F 1/82 (2012.01) G 0 3 F 1/82
G 0 3 F 1/72 (2012.01) G 0 3 F 1/72

請求項の数 6 (全14頁)

(21)出願番号	特願2018-223637(P2018-223637)	(73)特許権者	000002897 大日本印刷株式会社 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
(22)出願日	平成30年11月29日(2018.11.29)	(74)代理人	100101203 弁理士 山下 昭彦
(65)公開番号	特開2020-86280(P2020-86280A)	(74)代理人	100104499 弁理士 岸本 達人
(43)公開日	令和2年6月4日(2020.6.4)	(72)発明者	熊本 哲郎 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内
審査請求日	令和3年9月28日(2021.9.28)	審査官	牧 隆志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 異物の除去方法、および、フォトマスクの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

透明基板上にパターンニングされた遮光性膜を有するフォトマスクに付着した異物を除去する異物の除去方法であって、

前記異物上に金属製膜を形成し、形成された前記金属製膜にレーザを照射することにより、前記異物および前記金属製膜を除去する異物金属製膜除去工程を有し、

前記異物金属製膜除去工程におけるレーザは、複数回の工程に分けて照射され、
前記金属製膜が、前記フォトマスクの前記遮光性膜と同じ材質の膜である、異物の除去方法。

【請求項2】

前記異物金属製膜除去工程前に、前記フォトマスクにおける前記異物の位置情報を取得する異物位置情報取得工程をさらに有する、請求項1に記載の異物の除去方法。

【請求項3】

前記異物自体にレーザを照射して異物を除去する異物除去工程を行い、前記異物が除去されていない場合に前記異物金属製膜除去工程を行う、請求項1または請求項2に記載の異物の除去方法。

【請求項4】

前記金属製膜の形成が、レーザを用いた化学蒸着法によるものである、請求項1から請求項3までのいずれかの請求項に記載の異物の除去方法。

【請求項5】

前記異物金属製膜除去工程における複数回の工程に分けて行われるレーザーの照射は、最初の工程より、後の工程の方が、レーザーの出力が強い、請求項 1 から請求項 4 までのいずれかの請求項に記載の異物の除去方法。

【請求項 6】

透明基板上にパターニングされた遮光性膜を有するフォトマスクを製造するフォトマスクの製造方法であって、

請求項 1 から請求項 5 までのいずれかの請求項に記載の異物の除去方法により異物を除去する除去工程を有する、フォトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本開示は、レーザー照射による通常のアブレーションによっても除去が難しい異物を除去することが可能な異物の除去方法、および、これをフォトマスクの製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

液晶表示装置、有機 EL 表示装置等のフラットパネルディスプレイの分野においては、近年、より高精細な表示が望まれており、高画素化が進んでいる。また、これに伴い、例えば TFT 基板、カラーフィルタ等の表示装置用機能素子については、微細加工を施すことが要求されている。このような表示装置用機能素子の製造時における微細加工の方法として、従来から、フォトマスクを用いたフォトリソグラフィ法が好適に用いられている。また、フォトマスクとしては、透明基板の表面に設けられた遮光性膜のパターンを有し、光透過領域および遮光領域を備えるフォトマスクが一般的に用いられている。

20

【0003】

このようなフォトマスクの表面には、フォトマスクの製造時等に種々の要因からダスト等の異物が付着してしまう場合がある。フォトマスクの表面に異物が付着していると、異物も含めてパターンが転写されてしまい、問題が生じるため、フォトマスク製造後に洗浄液等による洗浄が行われる。上記洗浄により除去できなかった異物は、異物に対するレーザーの照射によるアブレーション（曝光部の局部破壊）等により、フォトマスクの表面から剥離除去する処理が行われるのが一般的である。

30

【0004】

一方、特許文献 1 には、レーザーを照射しても除去し難い、微細な異物が付着する被洗浄物を洗浄するレーザー洗浄方法が開示されている。特許文献 1 に開示されているレーザー洗浄方法は、被洗浄物表面の異物付着位置に所定量の液滴を滴下する滴下工程と、少なくとも上記液滴を蒸発可能なエネルギーを有するレーザー光を上記異物付着位置に照射して、上記異物を除去する工程とを有するものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開 2002 - 182370 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、フォトマスクへの付着力が強い等の理由により、上述したような方法では除去できない異物が存在する。このような異物に対して、高出力のレーザーを用いて異物を除去することも考えられるが、このような方法では透明基板を損傷する可能性が生じるといった問題があった。上記問題に対応するため、従来は、図 5 の工程図に示されているように、透明基板を損傷しないようにレーザー出力条件を変更し、異物が除去されるまでレーザー照射が繰り返していたが、レーザーの照射、洗浄、および、異物が除去されたか否かの確認の工程が何度も繰り返されてしまうといった問題があり、製造効率上の課題となって

50

いた。なお、図5は、従来の方法による異物の除去の一例を示す工程図である。

【0007】

また、透明基板を損傷しない程度のレーザーの出力条件では、除去することができない異物に対しては、レーザーの照射による除去は、事実上断念されている現状がある。例えば、カラーフィルタ等を製造する際の大型のフォトマスクでは、単価が極めて高いことから、このような理由で製造されたフォトマスクを廃棄するのは、コスト面で大きな問題となっていた。

【0008】

本開示は、上記実情に鑑みてなされたものであり、透明基板を損傷することなく、確実にかつ効率的に、フォトマスクに付着した異物を除去することができる異物の除去方法、および、それを用いたフォトマスクの製造方法を提供することを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本開示においては、透明基板上にパターニングされた遮光性膜を有するフォトマスクに付着した異物を除去する異物の除去方法であって、上記異物上に金属製膜を形成し、形成された上記金属製膜にレーザーを照射することにより、上記異物および上記金属製膜を除去する異物金属製膜除去工程を有する、異物の除去方法を提供する。

【0010】

本開示においては異物上に金属製膜を形成した状態で、当該金属製膜にレーザーを照射し、上記異物および金属製膜を同時に除去するため、金属製膜を形成しない場合よりも、大幅に低い出力のレーザーで上記異物を除去することができる。そのため、異物除去の際の透明基板の損傷を抑制することができ、確実にかつ効率的に上記異物を除去することができる。

【0011】

本開示の異物の除去方法においては、上記異物金属製膜除去工程前に、上記フォトマスクにおける上記異物の位置情報を取得する異物位置情報取得工程をさらに有することが好ましい。取得した異物の位置情報に基づいて、より正確かつ確実に異物を除去することができるからである。

【0012】

また、本開示の異物の除去方法においては、上記異物自体にレーザーを照射して異物を除去する異物除去工程を行い、上記異物が除去されていない場合に上記異物金属製膜除去工程を行うものであってもよい。

【0013】

本開示の異物の除去方法は、金属製膜を除去する際に同時に遮光性膜を除去することになる可能性が高いため、その後除去された白欠陥を再度修正することが必要となる。したがって、このような必要のない通常の異物除去工程を行い、除去可能な異物はこの工程で除去し、除去の難しい異物のみ上記異物金属製膜除去工程を行うことが好ましいからである。

【0014】

本開示において上記前記金属製膜の形成が、レーザーを用いた化学蒸着法によるものが好ましい。所望する狭い領域に、均一な膜を形成することができるからである。

本開示においては、透明基板上にパターニングされた遮光性膜を有するフォトマスクを製造するフォトマスクの製造方法であって、上述した異物の除去方法により異物を除去する除去工程を有するフォトマスクの製造方法を提供する。

【0015】

本開示によれば、製造されたフォトマスクに異物が付着していた場合、上述した異物の除去方法を用いて異物を除去することにより、異物が確実に除去され、かつ、透明基板の損傷が抑制されたフォトマスクを得ることができる。

【発明の効果】

【0016】

10

20

30

40

50

本開示の異物の除去方法は、除去する際に透明基板を損傷することなく、確実かつ効率的に、フォトマスクに付着した異物を除去することができるという効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本開示の異物の除去方法の一例を示す概略断面図および概略平面図である。

【図2】本開示の異物の除去方法の一例を示す工程図である。

【図3】本開示において、金属製膜の形成に用いることができる装置の一例を示す概略断面図である。

【図4】本開示のフォトマスクの製造方法の一例を示す概略断面図である。

10

【図5】従来の方法による異物の除去の一例を示す工程図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本開示の異物の除去方法、およびフォトマスクの製造方法について詳細に説明する。

【0019】

A. 異物の除去方法

本開示の異物の除去方法は、透明基板上にパターンニングされた遮光性膜を有するフォトマスクに付着した異物を除去する異物の除去方法であって、上記異物上に金属製膜を形成し、形成された上記金属製膜にレーザーを照射することにより、上記異物および上記金属製膜を除去する異物金属製膜除去工程を有することを特徴とする。

20

【0020】

本開示の異物の除去方法について、図を参照して説明する。図1は、本開示の異物の除去方法の一例を示す概略断面図および概略平面図である。図1に例示するように、本開示の異物の除去方法の対象となるフォトマスク10は、透明基板1上にパターンニングされた遮光性膜2を有するものであり、フォトマスク10に異物3が付着しているものである(図1(a))。このようなフォトマスク10に対し、付着した上記異物3上に金属製膜4を形成する(図1(b))。次に、上記金属製膜4にレーザー5を照射することにより異物3および金属製膜4を同時に除去し(図1(c))、除去部分が白欠陥となった遮光性膜2および透明基板1を有するフォトマスク10を得る(図1(d))。上記遮光性膜2の白欠陥に対し、これを修正する修正遮光性膜6を形成することにより、異物の除去を完了する(図1(e))。

30

【0021】

フォトマスクに付着する異物は、金属等と比較してレーザー光の透過率が高い(レーザー光のエネルギーの吸収率が低い)ものである場合がある。このような場合、上記異物が付着している領域にレーザーを照射しても、異物がレーザー光を透過してしまうことから、異物の除去が難しい場合がある。このような異物を除去するためには、高い出力のレーザー光を照射する必要がある。しかしながら、出力が高すぎるレーザー光を照射してしまうと、透明基板を損傷してしまう可能性があり、透明基板を損傷してしまった場合、これを修復することは極めて難しいものとなる。

40

【0022】

したがって、従来は図5に示すように、レーザー出力条件を変更して再度レーザー光を照射し、異物を除去する工程を行っていた。しかしながら、図5に示すように、レーザー照射を行った後、異物が除去できなかった場合、レーザー出力条件変更を行うのであるが、上述した通り、透明基板を損傷しない程度の出力での条件変更となる。このような条件で再度レーザー照射を行っても異物が除去できない場合は、図5に示すように再度洗浄工程から行うことになり、結果として異物が除去されるまで、これらの工程の繰り返しとなってしまう、製造効率上大きな問題となっていた。

【0023】

一方、本開示においては、図2の工程図に示されているように、異物上に金属製膜を形

50

成した状態で、当該金属製膜にレーザを照射し、上記金属製膜と共に異物を除去するため、金属製膜を形成しない場合よりも大幅に低い出力のレーザで、かつ上記異物を除去することができる可能性が高くなる。このため、図5に示す従来の方法による場合のように、レーザの照射、洗浄、および、異物が除去されたか否かの確認の工程を何度も繰り返す必要がなく、製造効率を向上させることができる。なお、図2は、本開示の異物の除去方法の一例を示す工程図である。

【0024】

また、上述した特許文献1における場合のように、異物付着位置に液滴を滴下し、当該液滴をレーザにより蒸発させることにより異物を除去する場合、光の電解振動に起因して液滴内で電子が振動し、電子と原子核との摩擦により、ジュール熱が発生し、当該ジュール熱により異物が気化（昇華）されるため、除去される。しかしながら、液体におけるレーザの吸収係数は、その屈折率よりも大幅に低く、上述したような電解振動による作用が小さいため、異物を気化し、除去するためには、高い出力のレーザを照射する必要がある。また、上述した電解振動による作用が小さいため、異物を気化するジュール熱を得るためには、ある程度の体積の液滴が熱せられる必要がある。したがって、レーザが照射された領域の周辺領域も加熱され、より広い領域が影響を受けることとなる。

10

【0025】

一方、本開示においては異物上に金属製膜が形成されており、金属製膜におけるレーザの屈折率よりも、金属製膜の吸収係数が大幅に高いため、異物付着位置に液滴を滴下した後、異物を除去する場合よりも低い出力のレーザにより、異物を除去することができる。また、金属製膜においては、光の電解振動に起因するジュール熱の発生作用が大きく、異物が瞬時に気化される。その際の発熱および昇華は、レーザが照射された領域のみに瞬時に作用し、その周辺領域には作用しない。したがって、本開示によれば、サブミクロンの微細なパターンにおいても、周辺領域に影響を及ぼすことなく、所望の領域のみに作用させることができる。

20

【0026】

以下、本開示の異物の除去方法について、詳細に説明する。

本開示は、上述したように、異物金属製膜除去工程を有することを特徴とするものであるが、上記異物金属製膜除去工程は、上記異物上に金属製膜を形成する金属製膜形成工程と、形成された上記金属製膜にレーザを照射することにより、上記異物および上記金属製膜を除去する除去工程に分けることができる。

30

以下、それぞれの工程について、説明する。

【0027】

1. 金属製膜形成工程

本開示における金属製膜形成工程は、フォトマスクに付着した異物上に金属製膜を形成する工程である。上記金属製膜の形成方法は、所望の狭い領域に金属薄膜を形成することができる方法であれば特に限定されるものではない。例えば、熱、光、プラズマなどによる化学蒸着法（CVD）や、集束イオンビーム（FIB）加工などの一般的な製膜方法により形成することができる。

【0028】

中でも本開示においては、所望の領域に、均一な膜を形成するという観点から、CVDが好適に用いられ、特に、レーザを用いたCVDを用いることが好ましい。所望する狭い領域に金属製膜を形成することが可能となるからである。この際のCVDの条件や装置等は、所望の金属製膜が得られるものであれば特に限定されるものではなく、例えば、フォトマスクの欠陥を修正するための膜を形成する際の条件や装置と同様とすることができる。

40

【0029】

上記レーザは特に限定されるものではなく、固体、半導体、液体、気体の各種レーザを用いることができる。上記金属製膜の形成には、連続波（CW）レーザまたはパルスレーザのいずれが用いられてもよく、中でも、CWレーザが好適に用いられる。また、上記レーザの波長は、例えば、200nm～380nm（紫外光）の範囲内とすることができる。

50

【 0 0 3 0 】

具体的には、図 3 に例示するように、レンズ 3 1 を有するガスチャンバ 3 2 をフォトマスク 1 0 上に配置し、当該ガスチャンバ 3 2 内に金属昇華ガス雰囲気 3 3 を形成し、異物 3 に対してレンズ 3 1 を介してレーザ 3 4 を照射することにより、異物上に金属製膜（図示せず）を形成することができる。なお、図 3 は、本開示において金属製膜の形成に用いることができる装置の一例を示す概略断面図であり、図 3 中の説明しない符号については、図 1 と同一の部材を示すものであるため、ここでの説明は省略する。

【 0 0 3 1 】

上記レーザの照射条件は、所望の金属製膜を形成することができるものであれば特に限定されるものではなく、例えば、 $1.00 \text{ mW} / \text{cm}^2 \sim 4.00 \text{ mW} / \text{cm}^2$ の範囲内、中でも $2.00 \text{ mW} / \text{cm}^2 \sim 3.00 \text{ mW} / \text{cm}^2$ の範囲内の出力において、2 秒～6 秒の範囲内、中でも 3 秒～5 秒の範囲内の時間において照射してもよい。このような照射は、同じ出力または異なる出力において複数回行われてもよく、例えば 3 段階や 4 段階など、異なる出力のレーザを照射してもよい。

【 0 0 3 2 】

上記金属製膜を形成する材料は、金属を含むものであり、かつ薄膜を形成することができるものであれば特に限定されるものではない。このような材料としては、例えば、金属の単体、金属化合物（例えば酸化物、窒化物など）等を用いることができ、後述する除去工程において用いられるレーザの吸収率の観点から、金属の単体が好適に用いられる。中でも、CVD 膜を形成することができるクロム、銀、タングステン等、特にクロム等の金属の単体を用いることが好ましい。また、上記金属製膜は処理対象であるフォトマスクの遮光性膜と同じ材質の膜であってもよい。フォトマスクの白欠陥を修正するための膜の形成と同じ材料により金属製膜を形成することができるからである。

【 0 0 3 3 】

本工程においては、異物上に金属製膜を形成するものであるが、異物を覆うように金属製膜が形成されていれば特に限定されるものではなく、例えば少なくとも一部が金属製膜により覆われていてもよいが、異物の除去を確実に行う点を考慮すると、平面視した場合に、金属製膜の形成領域と異物が重複していることが好ましい。中でも、平面視した場合の異物の最大径よりも、金属製膜の形成領域の最大径が $1 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ の範囲内、特に $1 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$ の範囲内において大きいことが好ましい。

なお、上記異物は、金属製膜により完全に覆われていることが好ましいが、上記異物の一部が、厚さ方向に金属製膜よりも突出していてもよい。

【 0 0 3 4 】

上記金属製膜の厚さは特に限定されるものではなく、レーザ照射により異物を除去するために十分なジュール熱を得るという観点から、通常 $0.1 \mu\text{m}$ 以上、中でも $0.15 \mu\text{m}$ 以上の厚さに形成される。また、金属製膜が厚すぎると、除去のために必要なレーザの出力が高くなることから、例えば $0.4 \mu\text{m}$ 以下、中でも $0.3 \mu\text{m}$ 以下とすることができる。

【 0 0 3 5 】

2. 除去工程

本開示における除去工程は、金属製膜にレーザを照射することにより、上記異物および上記金属製膜を除去する工程である。この際に照射されるレーザは、異物、および、当該異物上に形成された金属製膜を除去することができるものであれば特に限定されるものではなく、固体、半導体、液体、気体の各種レーザを用いることができる。上記金属製膜の除去には、連続波（CW）レーザまたはパルスレーザのいずれが用いられてもよく、中でも、パルスレーザが好適に用いられる。また、上記レーザの波長は、例えば、 $200 \text{ nm} \sim 380 \text{ nm}$ の範囲内とすることができる。本工程において用いられる装置は、上述したようなレーザを照射できる装置であれば特に限定されるものではなく、例えば、フォトマスクの欠陥を修正するための欠陥修正装置のレーザ照射機能などを用いることができる。

【 0 0 3 6 】

金属製膜に対して照射されるレーザーの出力は、上記金属製膜および上記金属製膜に覆われている異物を除去できるものであれば特に限定されるものではなく、例えば 0.750 mJ/cm^2 以上、中でも 0.900 mJ/cm^2 以上とすることができる。透明基板の損傷を抑制する観点から、上記レーザーの出力の上限は、例えば 1.500 mJ/cm^2 以下、中でも 1.200 mJ/cm^2 以下とすることができる。

【0037】

また、透明基板の損傷を抑制する観点から、上記レーザーは複数回の工程に分けて照射されることが好ましい。例えば、最初の工程において弱い出力のレーザーを照射することにより除去対象物にダメージを与え、その後の工程においてより強い出力のレーザーを照射することにより当該除去対象物を除去してもよい。この際、最初の工程と後の工程におけるレーザーの出力差としては、例えば $0.750 \text{ mJ/cm}^2 \sim 1.500 \text{ mJ/cm}^2$ の範囲内、中でも $0.900 \text{ mJ/cm}^2 \sim 1.200 \text{ mJ/cm}^2$ の範囲内とすることができる。上記各工程においては、レーザーが複数回照射されることが好ましく、例えば、各工程において、上述した範囲内の出力のレーザーを60回～200回の範囲内、中でも100回～150回の範囲内の回数において照射することにより、レーザーを照射することができる。

10

【0038】

3. 任意の工程

本開示の異物の除去方法は、上述した異物金属製膜除去工程を有するものであればよいが、通常下記の任意の工程を有する。任意の工程としては、例えば以下の各工程を挙げることができる。

20

【0039】

(1) 異物位置情報取得工程

本開示の異物の除去方法は、上記異物金属製膜除去工程の前に、フォトリソグラフィにおける異物の位置情報を取得する異物位置情報取得工程をさらに有していてもよい。上記異物金属製膜除去工程の前に異物位置情報取得工程を行い、異物の位置情報を取得することにより、上記異物金属製膜除去工程を行うに際して、高い位置精度で行うことができるからである。

【0040】

まず、異物の有無を確認するための検査方法としては、例えば、反射光、透過光、散乱光、回折光等を利用して検査する方法が挙げられる。具体的には、フォトリソグラフィに光を照射して、反射光の有無を検出する方法などが挙げられる。上記検査により、異物があることが確認された場合には、異物のx、y位置座標および大きさを検出する。異物の位置座標および大きさは、例えば、異物の検査に使用される検査光を用いて、異物の位置座標および大きさをも特定する方法や、異物の検査に使用される検査光を用いて異物の位置座標および大きさを大まかに特定した後に、CCDカメラ等の撮像手段を用いてフォトリソグラフィ形成用基板を局所的に高解像度で観察することで異物の位置座標および大きさを精密に特定する方法等により検出することができる。

30

【0041】

(2) 異物除去工程

本開示においては、上記異物自体にレーザーを照射して異物を除去する異物除去工程を行い、上記異物が除去されていない場合に上記異物金属製膜除去工程を行うものであってもよい。

40

【0042】

上記異物除去工程により異物を除去することができれば、上記異物金属製膜除去工程における金属製膜形成工程を行う必要がなく、効率的に修正を行うことができるからである。

このような異物除去工程は、通常の異物を除去する工程と同様の工程であるので、ここでの説明は省略する。

【0043】

(3) 洗浄工程

上述した金属製膜形成工程の前に、フォトリソグラフィを溶液により洗浄する洗浄工程が行わ

50

れてもよい。上記洗浄工程を予め行うことにより、溶液洗浄により除去できなかった異物を対象に上記異物除去工程や上記異物金属製膜除去工程を行うことにより、異物の除去を効率的に行うことができるからである。このような洗浄工程は、フォトマスクの洗浄に用いられる一般的な方法、装置により行うことができる。

【0044】

(4) 欠陥修正工程

上述した除去工程において、異物や金属製膜と一緒にフォトマスクの遮光性膜が除去され、白欠陥となった場合は、修正遮光性膜を形成する欠陥修正工程を行ってもよい。上記修正遮光性膜の形成は、フォトマスクの白欠陥の修正と同様の方法により行うことができ、上述した「1. 金属製膜形成工程」の項で説明されている方法や装置等により形成することができる。

10

【0045】

4. フォトマスク

本開示の異物の除去方法の対象となるフォトマスクは、透明基板上にパターニングされた遮光性膜を有するものであれば特に限定されるものではなく、その製造工程において微細なパターンの形成を要する各種デバイスの製造に用いられるフォトマスクを対象とすることができる。

【0046】

上記デバイスとしては、例えば、光学素子（回折格子、偏光素子など）、配線回路、データストレージメディア（ハードディスク、光学メディアなど）、医療用部材（分析検査用チップ、マイクロニードルなど）、バイオデバイス（バイオセンサ、細胞培養基板など）、精密検査機器用部材（検査プローブ、試料保持部材など）、ディスプレイパネル、パネル部材、エネルギーデバイス（太陽電池、燃料電池など）、マイクロ流路、マイクロリアクタ、MEMSデバイス、インプリントモールド等をあげることができる。

20

【0047】

このようなフォトマスクに用いられる透明基板の大きさは、フォトマスクの大きさにより適宜選択されるものであるが、本開示においては大型のフォトマスクであることが好ましい。大型フォトマスクは単価が高いことから修正の必要性が高く、本開示の修正方法を効果的に用いることができるからである。

【0048】

このような大型のフォトマスクとしては、例えば液晶表示装置の部材、具体的にはカラーフィルタ、TFT基板、タッチパネル等のデバイスの形成時に用いられるものを挙げるることができる。

30

【0049】

ここで、大型のフォトマスクとは、例えば、少なくとも一辺が350mm以上の大きさであってもよい。具体的には、330mm×450mm以上であることが好ましく、中でも450mm×550mm以上であることが好ましい。

透明基板の厚さは、フォトマスクの材料や用途等に応じて適宜選択することができる。例えば、8mm～17mm程度である。

【0050】

上記透明基板は光透過性を有するものであれば特に限定されるものではなく、例えば313nm～436nmの波長領域の光に対する透過率が80%以上、中でも85%以上、特には90%以上であるものを用いることができる。なお、上記光透過性は、JIS R3106に準拠した板ガラス類の透過率の試験方法により測定することができる。

40

【0051】

上記透明基板の材質としては、例えば、石英ガラス、ソーダ石灰ガラス、低膨張ガラス（アルミノホウ珪酸ガラス、ホウ珪酸ガラス）等を挙げることができ、中でも石英ガラス、ソーダ石灰ガラスが好適に用いられ、特には石英ガラスが好ましい。熱膨張率が小さく、フォトマスクを製造しやすいからである。

【0052】

50

上記遮光性膜は特に限定されるものではなく、例えば、バイナリマスクに用いられる遮光膜、ハーフトーンマスクに用いられるハーフトーン膜、位相シフトマスクに用いられる位相シフト膜など、各種フォトマスクに用いられる遮光性膜を用いることができる。

上記遮光性膜の厚さは、その材質や種類等に応じて適宜選択することができる。例えば、10 nm ~ 500 nmの範囲内、中でも10 nm ~ 300 nmの範囲内、特に10 nm ~ 200 nmの範囲内とすることができる。

【0053】

このような遮光性膜の形成材料は、その種類や用途等に応じて適宜選択され、例えば、クロム、モリブデンシリサイド、タンタル、アルミニウム、ケイ素、チタン、および、それらの化合物などが挙げられる。中でも、クロム、酸化クロム、窒化クロム、酸化窒化クロム等のクロム系材料が好適に用いられる。

10

【0054】

上記遮光性膜のパターンの形状や大きさ等は特に限定されるものではなく、一般的なフォトマスクと同様とすることができる。中でも、上記パターンは、サブミクロンオーダーのものであることが好ましい。このような微細なパターンを有するフォトマスクにおいては、透明基板や遮光性膜パターンの欠陥の影響が大きいいため、本開示の効果をより発揮できるからである。

【0055】

5. その他

上記異物の除去方法により除去される異物の種類等は特に限定されるものではないが、本開示の異物の除去方法は、レーザ光を透過する（レーザ光のエネルギーを吸収し難い）異物に対し、特に効果を発揮することができる。上記異物が付着しているフォトマスク上の位置は特に限定されるものではなく、上記遮光性膜の開口部に付着していても、遮光性膜上に付着していても、上記開口部および遮光性膜にまたがるように付着していても、本開示の異物の除去方法を採用することができる。しかしながら、転写の際の影響が大きいことから、少なくとも一部が平面視上、上記遮光性膜の開口部に位置している異物に対し、特に本開示の効果を発揮することができる。

20

【0056】

上記異物の大きさは特に限定されるものではなく、例えば0.1 μm以上、中でも0.3 μm以上の異物を除去することができる。また、異物が大きすぎると、当該異物の除去に要するレーザの出力が高くなるため、上記異物は10 μm以下、中でも3 μm以下であることが好ましい。

30

【0057】

B. フォトマスクの製造方法

本開示のフォトマスクの製造方法は、透明基板上にパターンニングされた遮光性膜を有するフォトマスクを製造するフォトマスクの製造方法であって、上述した異物の除去方法により異物を除去する除去工程を有することを特徴とするものである。

【0058】

本開示によれば、製造されたフォトマスクに異物が付着していた場合、上述した異物の除去方法を用いて異物を除去することにより、異物が除去され、かつ、透明基板の損傷の無いフォトマスクを得ることができる。このようなフォトマスクの製造方法は、上述した「A. 異物の除去方法」の項に記載された異物の除去方法を用いる除去工程を有するものであれば特に限定されるものではなく、一般的な工程によりフォトマスクを製造することができる。例えば、後述する各工程を有していてもよい。

40

【0059】

1. フォトマスクブランク準備工程

本開示のフォトマスクの製造方法は、図4(a)に例示するように、透明基板1および上記透明基板1上に形成された遮光性膜パターン形成用層41を有するフォトマスクブランク40を準備するフォトマスクブランク準備工程を有していてもよい。なお、図4は、本開示のフォトマスクの製造方法の一例を示す概略断面図である。上記透明基板およ

50

び遮光性膜の構成は、上述した「A．異物の除去方法、4．フォトマスク」の項に記載した内容と同様であるので、ここでの記載は省略する。上記透明基板上に遮光性膜を形成する方法は、所望の厚さの均一な膜を形成することができる方法であれば特に限定されるのではなく、フォトマスクの製造において一般的に用いられる製膜方法を用いることができる。

【0060】

2．遮光性膜パターンニング工程

本開示のフォトマスクの製造方法は、遮光性膜パターン形成用層をパターンニングする遮光性膜パターンニング工程を有していてもよい。遮光性膜のパターンニング方法は、所望のパターンを形成できる方法であれば特に限定されるものではなく、フォトマスクの製造において一般的に用いられるパターンニング方法を用いることができる。例えば、図4に例示するように、透明基板1上に形成された遮光性膜パターン形成用層41上にレジストを塗布してレジスト層42を形成し(図4(b))、レジスト層42をパターン露光し、現像することによりレジストパターン43を形成し(図4(c))、レジストパターン43をエッチングマスクとして用いて遮光性膜パターン形成用層41をエッチングし、遮光性膜2のパターンを形成し(図4(d))、レジストパターン43を除去する(図4(e))ことにより、フォトマスクを製造することができる。

10

【0061】

上記パターンニングは特に限定されるものではないが、例えば、電子線描画装置などによりレジスト層をパターン露光し、ドライエッチングまたはウエットエッチングにより遮光性膜パターン形成用層をエッチングすることができる。中でも、高精細なパターンニングが可能であることから、ドライエッチングにより遮光性膜パターン形成用層をエッチングすることが好ましく、その際のエッチングガスとしては、例えば、塩素系ガス、酸素系ガス、フッ素系ガスや、これらの混合ガスを用いることができる。

20

【0062】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【実施例】

【0063】

下記に実施例および比較例を示して、本開示をさらに具体的に説明する。

30

【0064】

[実施例]

一般的な製造工程にて製造されたフォトマスクを溶液で洗浄し、上記フォトマスクに光を照射し、反射光を検出して異物の有無を確認したところ、透明基板上に異物が確認されたため、上記異物のx、y位置座標情報を取得した。

【0065】

上記位置座標情報を用い、上記異物に対し、欠陥修正装置(V-tec(旧OLFT)社製、型番:LM535A-D)のレーザー照射機能を利用し、パルス幅ピコ秒、発振中心波長351nmのパルスレーザーを、出力0.09mJ/cm²でATT(アッテネーター)10%連続8回パルス幅(350μs)、その後出力0.09mJ/cm²でATT(アッテネーター)10%連続10回パルス幅(350μs)異物に対して照射したが、除去できなかった。

40

【0066】

そこで、上記欠陥修正装置を用い、異物の大きさ0.3μm×5μmに対し、上記欠陥修正装置のスポット膜形成機能を利用し、上記異物上に5μm×5μmであり、厚さ0.1μmのクロムの金属製膜を形成した。上記金属製膜は、フォトマスク上に、図3に示すようなレンズを有するガスチャンバを配置し、当該ガスチャンバ内に金属昇華ガス(CrO₆)の雰囲気を形成し、異物に対して上記レンズを介して、波長262nmのCWレーザー(Continuous wave laser)を、まず、出力0.76mW/cm²で2.5秒、

50

次に出力 0.36 mJ/cm^2 で 3.5 秒、その後出力 0.7 mJ/cm^2 で 1.5 秒照射することにより形成した。

【0067】

次に、形成された金属製膜に対し、上記欠陥修正装置のレーザー照射機能を利用し、パルス幅ピコ秒、発振中心波長 351 nm のパルスレーザーを、出力 0.09 mJ/cm^2 で A T T (アッテネーター) 10% 連続 8 回 パルス幅 ($350 \mu\text{s}$)、その後出力 0.09 mJ/cm^2 で A T T (アッテネーター) 10% 連続 10 回 パルス幅 ($350 \mu\text{s}$) 照射した。レーザー照射後、上述した方法により上記フォトマスク上の異物の有無を確認したところ、異物は確認されず、上記金属製膜も除去されていた。上記金属製膜を形成した領域およびその周辺領域について、透明基板の損傷を顕微鏡での目視観察により確認したところ、透明基板の損傷は確認されなかった。

10

【0068】

[比較例]

上記実施例と同じ方法でフォトマスク製造、洗浄し、異物の有無を確認したところ、透明基板上に異物が確認されたため、上記欠陥修正装置のレーザー照射機能を利用し、パルス幅ピコ秒、発振中心波長 351 nm のパルスレーザーを、出力 0.54 mJ/cm^2 で A T T (アッテネーター) 10% 連続 8 回 パルス幅 ($350 \mu\text{s}$)、その後出力 0.54 mJ/cm^2 で A T T (アッテネーター) 10% 連続 10 回 パルス幅 ($350 \mu\text{s}$) 異物に対して照射したが、除去できなかった。

なお、出力が 0.54 mJ/cm^2 を超えた場合、透明基板が損傷される可能性が高いことが経験上認められている。

20

【符号の説明】

【0069】

- 1 ... 透明基板
- 2 ... 遮光性膜
- 3 ... 異物
- 4 ... 金属製膜
- 5、34 ... レーザ
- 10 ... フォトマスク

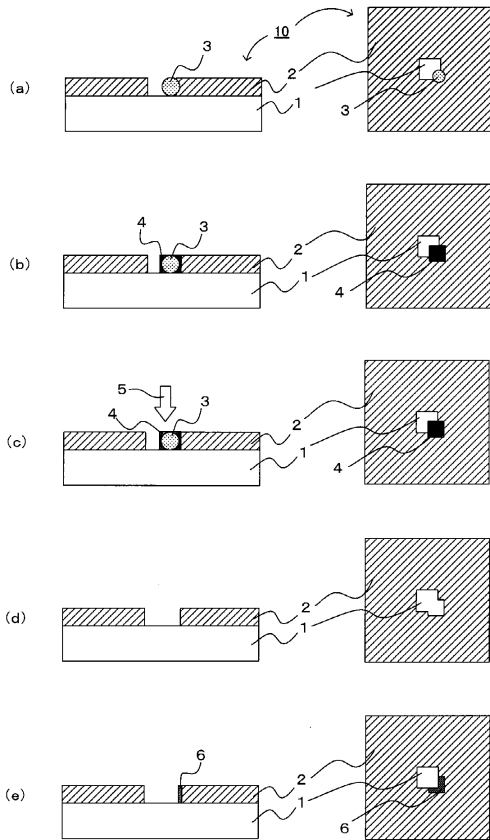
30

40

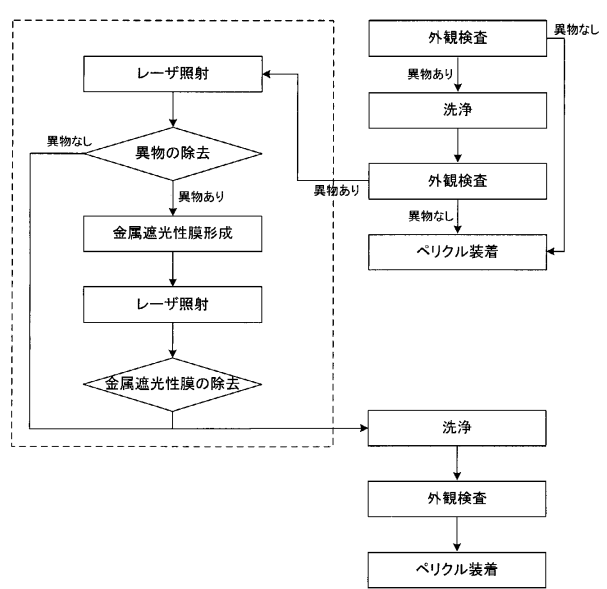
50

【図面】

【図 1】



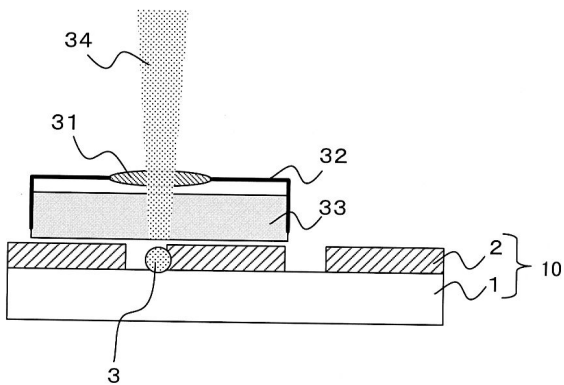
【図 2】



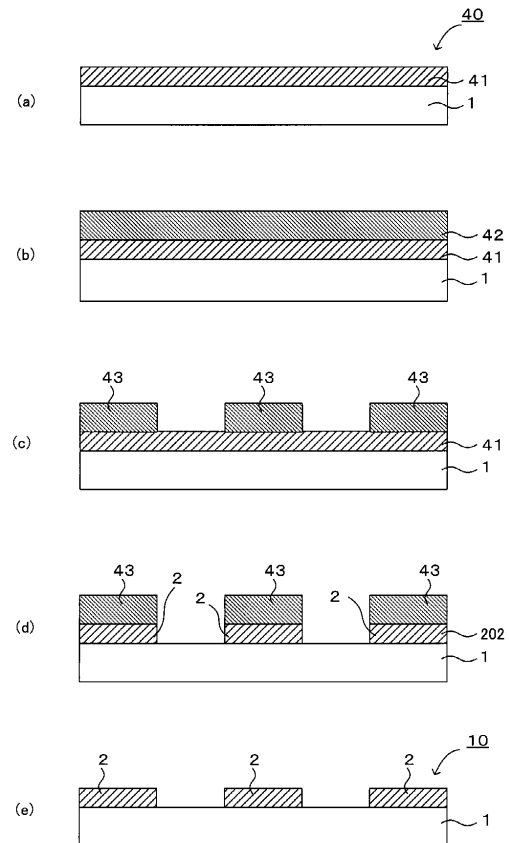
10

20

【図 3】



【図 4】

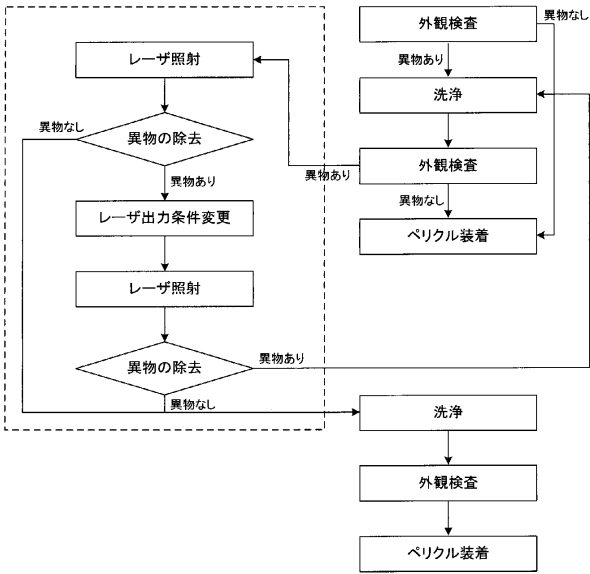


30

40

50

【 図 5 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 234975 (JP, A)
米国特許出願公開第2017 / 0059984 (US, A1)
特開2014 - 106311 (JP, A)
特開2014 - 064965 (JP, A)
特開2002 - 182370 (JP, A)
特開2001 - 321735 (JP, A)
特開2003 - 121987 (JP, A)
特開2003 - 287875 (JP, A)
中国特許出願公開第105960698 (CN, A)
特開平11 - 038596 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|------|----------|---|--------|
| G03F | 1 / 00 | - | 1 / 86 |
| G03F | 7 / 20 | | |
| H01L | 21 / 027 | | |
| H01L | 21 / 304 | | |