

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5665784号
(P5665784)

(45) 発行日 平成27年2月4日(2015.2.4)

(24) 登録日 平成26年12月19日(2014.12.19)

(51) Int. Cl. F 1
G03F 1/32 (2012.01) G03F 1/32
G03F 1/70 (2012.01) G03F 1/70

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2012-59983 (P2012-59983)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成24年3月16日(2012.3.16)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(65) 公開番号	特開2013-195496 (P2013-195496A)	(72) 発明者	福原 和也 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(43) 公開日	平成25年9月30日(2013.9.30)	(72) 発明者	金光 真吾 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
審査請求日	平成26年2月12日(2014.2.12)	審査官	佐野 浩樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトマスクおよびパターン形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光を透過するマスク基板と、
 前記マスク基板上に形成された遮光パターンと、
 前記遮光パターンの一部に設けられ、前記遮光パターンよりも光透過率が大きくなるように薄膜化された薄膜部とを備え、
 前記薄膜部は、フォーカスズレに対する感度が敏感な遮光パターンに対して前記感度が安定化されるように配置され、前記フォーカスズレに対する感度が安定な遮光パターンに対しては配置されていないことを特徴とするフォトマスク。

【請求項2】

光を透過するマスク基板と、
 前記マスク基板上に形成された遮光パターンと、
 前記遮光パターンの一部に設けられ、前記遮光パターンよりも光透過率が大きくなるように膜の材料または厚さの少なくとも一方が調節された調節部とを備え、
前記調節部の膜の材料および厚さは、前記マスク基板を透過する透過光と前記薄膜部を半透過する半透過光との位相差が0度および180度の整数倍と異なるように設定されることを特徴とするフォトマスク。

【請求項3】

前記調節部の膜厚は、前記遮光パターンの膜厚の1/2であることを特徴とする請求項2に記載のフォトマスク。

【請求項 4】

前記遮光パターンは、

第 1 のフォーカス位置においてフォーカスズレに対する感度が安定な第 1 の遮光パターンと、

第 2 のフォーカス位置においてフォーカスズレに対する感度が安定な第 2 の遮光パターンとを備え、

前記第 2 のフォーカス位置が前記第 1 のフォーカス位置にシフトされるように前記第 2 の遮光パターンに前記調節部が設けられていることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載のフォトマスク。

【請求項 5】

前記第 1 の遮光パターンはライン幅とライン間隔が周期的に設定された周期パターン、前記第 2 の遮光パターンは前記周期パターンの端部に配置された周期端パターンであることを特徴とする請求項 4 に記載のフォトマスク。

【請求項 6】

前記調節部は、該調節部が設けられた遮光パターンの投影像が、該調節部が設けられていない遮光パターンの投影像よりもフォーカスズレに対する感度が敏感になるように配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載のフォトマスク。

【請求項 7】

マスク基板と、

前記マスク基板上に形成された反射膜と、

前記反射膜に形成された吸光パターンと、

前記吸光パターンの一部に設けられ、前記吸光パターンよりも光吸収率が小さくなるように膜の材料または厚さの少なくとも一方が調節された調節部とを備え、

前記薄膜部は、フォーカスズレに対する感度が敏感な吸光パターンに対して前記感度が安定化されるように配置され、前記フォーカスズレに対する感度が安定な吸光パターンに対しては配置されていないことを特徴とするフォトマスク。

【請求項 8】

マスク基板と、

前記マスク基板上に形成された反射膜と、

前記反射膜に形成された吸光パターンと、

前記吸光パターンの一部に設けられ、前記吸光パターンよりも光吸収率が小さくなるように膜の材料または厚さの少なくとも一方が調節された調節部とを備え、

前記調節部の膜の材料および厚さは、前記反射膜を反射する反射光と前記薄膜部を半反射する半反射光との位相差が 0 度および 180 度の整数倍と異なるように設定されることを特徴とするフォトマスク。

【請求項 9】

下地層上にレジスト膜を形成する工程と、

遮光パターンよりも光透過率が大きくなるように膜の材料または厚さの少なくとも一方が調節された調節部が前記遮光パターンの一部に設けられたフォトマスクを介して前記レジスト膜を露光する工程と、

前記レジスト膜を現像することにより、前記下地層上にレジストパターンを形成する工程とを備え、

前記遮光パターンは、

フォーカスズレに対する感度が安定な第 1 の遮光パターンと、

前記フォーカスズレに対する感度が前記第 1 の遮光パターンよりも敏感になるように前記調節部が設けられた第 2 の遮光パターンとを備え、

前記第 2 の遮光パターンに基づいて形成された前記レジストパターンの寸法変化率に基づいて前記フォーカスズレを求めることを特徴とするパターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明の実施形態はフォトマスクおよびパターン形成方法に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

半導体装置の回路パターンの微細化に伴って、フォトマスクのマスクパターンも微細化している。ここで、マスクパターンの幅がマスクパターンの膜厚の近くまで縮小した状態では、マスクパターンの形状に応じてフォーカズズレに対する感度が最も小さくなるフォーカス位置（ベストフォーカス）が異なるようになる。このため、フォトマスク全体に渡ってベストフォーカスを均一化するのが困難になり、フォトマスクのパターン領域全体に渡ってレジストパターンの寸法誤差を許容範囲に収めるのが困難になっていた。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開平 1 0 - 2 5 4 1 2 1 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

本発明の一つの実施形態の目的は、マスクパターンの形状に応じたベストフォーカスのズレを制御することが可能なフォトマスクおよびパターン形成方法を提供することである。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 5 】

実施形態のフォトマスクによれば、光を透過するマスク基板と、前記マスク基板上に形成された遮光パターンと、前記遮光パターンの一部に設けられ、前記遮光パターンよりも光透過率が大きくなるように薄膜化された薄膜部とを備え、前記薄膜部は、フォーカズズレに対する感度が敏感な遮光パターンに対して前記感度が安定化されるように配置され、前記フォーカズズレに対する感度が安定な遮光パターンに対しては配置されていないことを特徴とする。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 6 】

30

【 図 1 】 図 1 (a) は、第 1 実施形態に係るフォトマスクの概略構成を示す平面図、図 1 (b) は、図 1 (a) のフォトマスクの概略構成を示す断面図、図 1 (c) は、図 1 (a) のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンの概略構成を示す断面図である。

【 図 2 】 図 2 は、図 1 (a) のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンの寸法と基板デフォーカス量との関係を示す図である。

【 図 3 】 図 3 (a) は、遮光パターンの膜厚が一定のフォトマスクの概略構成を示す平面図、図 3 (b) は、図 3 (a) のフォトマスクの概略構成を示す断面図、図 3 (c) ~ 図 3 (e) は、図 3 (a) のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンの概略構成を示す断面図である。

40

【 図 4 】 図 4 は、図 3 (a) のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンの寸法と基板デフォーカス量との関係を示す図である。

【 図 5 】 図 5 (a) は、第 1 実施形態に係るフォトマスクの変形例を示す平面図、図 5 (b) は、図 5 (a) のフォトマスクの概略構成を示す断面図である。

【 図 6 】 図 6 (a) は、第 2 実施形態に係るフォトマスクの概略構成を示す平面図、図 6 (b) は、図 6 (a) のフォトマスクの概略構成を示す断面図、図 6 (c) ~ 図 6 (e) は、図 6 (a) のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンの概略構成を示す断面図である。

【 図 7 】 図 7 (a) は、図 6 (a) のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンが配置されたウェハ全体の概略構成を示す平面図、図 7 (b) は、図 7 (

50

a) のウェハに形成されたレジストパターンの一部を拡大して示す平面図である。

【図 8】図 8 は、図 6 (a) のフォトマスクを介して露光された時にレジストパターンに形成される開口パターンの中心間距離と基板デフォーカスとの関係を示す図である。

【図 9】図 9 (a) は、第 2 実施形態に係るフォトマスクの変形例を示す平面図、図 9 (b) は、図 9 (a) のフォトマスクの概略構成を示す断面図である。

【図 10】図 10 は、第 3 実施形態に係るパターン形成方法を示すフローチャートである。

【図 11】図 11 は、第 4 実施形態に係るフォトマスクの概略構成を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

10

以下、実施形態に係るフォトマスクおよびパターン形成方法について図面を参照しながら説明する。なお、これらの実施形態により本発明が限定されるものではない。

【0008】

(第 1 実施形態)

図 1 (a) は、第 1 実施形態に係るフォトマスクの概略構成を示す平面図、図 1 (b) は、図 1 (a) のフォトマスクの概略構成を示す断面図、図 1 (c) は、図 1 (a) のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンの概略構成を示す断面図である。

図 1 (a) および図 1 (b) において、マスク基板 11 には遮光パターン 12、13A ~ 13E が形成されている。なお、例えば、マスク基板 11 の材料は石英などの透明基板、遮光パターン 12、13A ~ 13E の材料は MoSi または Cr などを用いることができる。ここで、遮光パターン 13A ~ 13E はライン幅とライン間隔が周期的に設定された周期パターンを構成することができ、例えば、この周期パターンとしてライン & スペースを挙げることができる。また、例えば、この周期パターンのハーフピッチは 160 nm に設定することができる。また、遮光パターン 13A ~ 13E のうち遮光パターン 13A、13B は周期パターンの端部に配置された周期端パターンを構成することができる。

20

【0009】

ここで、遮光パターン 13A、13B には、遮光パターン 13A、13B よりも光透過率が大きくなるように薄膜化された薄膜部 14A、14B が設けられている。なお、薄膜部 14A、14B は、遮光パターン 13A、13B の長手方向に沿って遮光パターン 13A、13B のエッジに配置することができる。ここで、薄膜部 14A、14B の膜厚は、フォトマスクを透過する透過光 L1 と、薄膜部 14A、14B を半透過する半透過光 L2 との位相差が 0 度および 180 度の整数倍と異なるように設定される。特に、位相差が 90 度近傍とした場合に大きなフォーカスズレを発生させることができる。例えば、薄膜部 14A、14B の膜厚は、遮光パターン 13A、13B の膜厚の 1/2 に設定することができる。具体的には、遮光パターン 13A ~ 13E のハーフピッチが 160 nm、遮光パターン 13A ~ 13E の材料が MoSi、透過光 L1 および半透過光 L2 の波長が 193 nm であるとする、遮光パターン 13A ~ 13E の膜厚は 70 nm、薄膜部 14A、14B の膜厚は 35 nm に設定することができる。ここで、遮光パターン 13A ~ 13E が MoSi からなるハーフトーン位相シフトマスクの場合は、薄膜部 14A、14B の膜厚を 1/2 にすれば、位相差がほぼ 90 度になる。なお、遮光パターン 12、13A ~ 13E の膜厚は、光を完全に遮光するように設定する必要はなく、数%程度の光が透過するように設定してもよい。

30

40

【0010】

また、薄膜部 14A、14B を形成する方法としては、遮光パターン 13A、13B を選択的にエッチングする方法を用いることができる。この処理には、例えば、カールツァイス社製の電子ビーム欠陥修正装置 (MeRiT MG) を用いることができる。また、薄膜部 14A、14B に膜厚と範囲は、条件出しのためのマスクを使用して決定してもよいし、露光シミュレーションを活用して算出してもよい。露光シミュレーションを活用する場合は、マスクの 3 次元構造を考慮してマスク近傍の電磁場を厳密に計算する、いわゆる

50

るマスク 3Dモデルを用いるのが望ましい。この薄膜部 14A、14Bに膜厚と範囲は、近傍のパターンレイアウト形状、マスク遮光膜の材料、照明条件（照明形状及び投影レンズNA）、投影レンズの残留収差の状態等に依存して変化させることができる。

【0011】

一方、下地層 21上にレジスト膜を形成する。なお、下地層 21は半導体基板であってもよいし、半導体基板上に形成された絶縁層などであってもよく、特に限定されない。そして、図1(a)および図1(b)のフォトマスクを介してレジスト膜を露光した後、そのレジスト膜を現像することで、図1(c)に示すように、遮光パターン 12、13A~13Eに対応したレジストパターン 22、23A~23Eを下地層 21上に形成する。なお、この露光には、例えば、NAが1.35、投影倍率が1/4倍のArF液浸露光装置を用いることができる。

10

【0012】

ここで、周期パターンでは透過光L1が規則的に透過するが、周期端パターンでは透過光L1の規則性に乱れが発生する。そして、遮光パターン 13A~13Eの幅が遮光パターン 13A~13Eの膜厚に近い程度に微細な条件では、透過光L1の規則性に乱れがあると、乱れない場合と比べてベストフォーカスがずれる。

【0013】

ここで、遮光パターン 13A、13Bに薄膜部 14A、14Bを設けると、透過光L1と、位相がずれた半透過光L2を干渉させることとなり、周期端パターンのベストフォーカスをシフトさせることができる。このため、周期パターンと周期端パターンとで、ベストフォーカスを互いに近づけることができ、フォトマスクのパターン領域全体に渡ってレジストパターン 23A~23Eの寸法誤差を許容範囲に収めることができる。

20

【0014】

図2は、図1(a)のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンの寸法と基板デフォーカス量との関係を示す図である。なお、P1は図1(c)のレジストパターン 23A、23B間の寸法H1、P2は図1(c)のレジストパターン 23C~23E間の寸法H2を示す。

図2において、遮光パターン 13A、13Bに薄膜部 14A、14Bを設けることにより、遮光パターン 13A、13Bのフォーカスズレに対する感度が安定なフォーカス範囲を遮光パターン 13C~13Eのフォーカスズレに対する感度が安定なフォーカス範囲に一致させることができる。このため、寸法H1、H2の寸法誤差許容範囲がA1であるとすると、必要フォーカス精度がF1となり、露光装置のフォーカス制御能力F2で決まる誤差範囲に寸法H1、H2の誤差を収めることができる。

30

【0015】

図3(a)は、遮光パターンの膜厚が一定のフォトマスクの概略構成を示す平面図、図3(b)は、図3(a)のフォトマスクの概略構成を示す断面図、図3(c)~図3(e)は、図3(a)のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンの概略構成を示す断面図である。

図3(a)および図3(b)において、マスク基板 31には遮光パターン 32、33A~33Eが形成されている。なお、図3(a)および図3(b)のフォトマスクでは遮光パターン 32、33A~33Eの膜厚が一定という点を除いては、図1(a)および図1(b)のフォトマスクと同一である。なお、遮光パターン 33A、33Bは周期パターンを構成し、遮光パターン 33C~33Eは周期パターンを構成することができる。

40

【0016】

そして、図3(c)~図3(e)に示すように、図3(a)および図3(b)のフォトマスクを用いると、遮光パターン 32、33A~33Eに対応したレジストパターン 42、43A~43Eが下地層 41上に形成される。なお、この時の露光条件は、図1(c)のレジストパターン 22、23A~23Eを形成する時の露光条件と同一である。

【0017】

ここで、周期パターンでは透過光L1が規則的に透過するが、周期端パターンでは透過

50

光 L 1 の規則性に乱れが発生する。そして、透過光 L 1 の規則性に乱れがあると、乱れない場合と比べてフォーカスズレに対するレジスト寸法変化の感度が大きくなり、またベストフォーカスがずれる。

【 0 0 1 8 】

このため、図 3 (c) ~ 図 3 (e) に示すように、基板デフォーカスが発生しても、レジストパターン 4 3 C ~ 4 3 E 間の寸法 H 4 はほとんど変化しないが、レジストパターン 4 3 A、4 3 B は互いに内側に傾くとともに、レジストパターン 4 3 A、4 3 B 間の寸法 H 3 が変化する。

【 0 0 1 9 】

図 4 は、図 3 (a) のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンの寸法と基板デフォーカス量との関係を示す図である。なお、P 1 ' は図 3 (c) ~ 図 3 (e) のレジストパターン 4 3 A、4 3 B 間の寸法 H 3、P 2 ' は図 3 (c) ~ 図 3 (e) のレジストパターン 4 3 C ~ 4 3 E 間の寸法 H 4 を示す。

図 4 において、遮光パターン 3 3 A、3 3 B に薄膜部 1 4 A、1 4 B がない場合、遮光パターン 3 3 A、3 3 B のフォーカスズレに対する感度が安定なフォーカス範囲 R 2 と、遮光パターン 3 3 C ~ 3 3 E のフォーカスズレに対する感度が安定なフォーカス範囲 R 1 とが互いに異なる。この時、フォーカス範囲 R 1 では、遮光パターン 3 3 A、3 3 B のフォーカスズレに対する感度が敏感になる。このため、寸法 H 3、H 4 の寸法誤差許容範囲が A 1 であるとする、寸法 H 3 における必要フォーカス精度が F 3 となり、露光装置のフォーカス制御能力 F 2 で決まる誤差範囲に寸法 H 3 の誤差を収めることができなくなる。

【 0 0 2 0 】

ここで、遮光パターン 3 3 A、3 3 B に薄膜部 1 4 A、1 4 B を設けると、遮光パターン 3 3 A、3 3 B のフォーカスズレに対する感度が安定なフォーカス範囲 R 2 をシフトさせることができる。このため、図 2 に示すように、フォーカス範囲 R 2 をフォーカス範囲 R 1 と一致させることができ、フォトマスクのパターン領域全体に渡ってレジストパターンの寸法誤差を許容範囲に収めることができる。

【 0 0 2 1 】

なお、薄膜部 1 4 A、1 4 B は、遮光パターン 3 3 A、3 3 B において傾きが発生する時の内側のエッジに沿って配置することが好ましい。遮光パターン 3 3 A、3 3 B の傾きの角度に応じて薄膜部 1 4 A、1 4 B の膜厚および幅を調整するようにしてもよい。また、遮光パターン 3 3 A、3 3 B 以外にも、露光条件によって遮光パターン 3 3 C ~ 3 3 E にも傾きが発生する場合には遮光パターン 3 3 C ~ 3 3 E にも薄膜部を設けるようにしてもよい。

【 0 0 2 2 】

図 5 (a) は、第 1 実施形態に係るフォトマスクの変形例を示す平面図、図 5 (b) は、図 5 (a) のフォトマスクの概略構成を示す断面図である。

図 5 (a) および図 5 (b) において、遮光パターンを選択的にエッチングして薄膜部を形成する代わりに、成膜材料を選択的に成膜 (デポジション) することによって、同様の効果を得る事ができる。この処理には、例えば、カールツァイス社製の電子ビーム欠陥修正装置 (M e R i T M G) を用いることができる。成膜材料はマスクの遮光パターンと同じ材料でも良いし、異なるものでも良い。例えば、二酸化ケイ素 (S i O ₂) を使用することができる。またこの場合、成膜材料の厚さは、フォトマスクを透過する透過光 L 1 と、成膜部 1 5 A、1 5 B を透過しないし半透過する透過光 L 2 との位相差が 0 度および 1 8 0 度の整数倍と異なるように設定されていればよく、マスク遮光部の厚さよりも薄くてもよいし、厚くても良い。

【 0 0 2 3 】

(第 2 実施形態)

図 6 (a) は、第 2 実施形態に係るフォトマスクの概略構成を示す平面図、図 6 (b) は、図 6 (a) のフォトマスクの概略構成を示す断面図、図 6 (c) ~ 図 6 (e) は、図

10

20

30

40

50

6 (a) のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンの概略構成を示す断面図である。図 7 (a) は、図 6 (a) のフォトマスクを介して露光された時に形成されるレジストパターンが配置されたウェハ全体の概略構成を示す平面図、図 7 (b) は、図 7 (a) のウェハに形成されたレジストパターンの一部を拡大して示す平面図である。

【 0 0 2 4 】

図 6 (a) および図 6 (b) において、マスク基板 5 1 には遮光パターン 5 2 A が形成されている。そして、遮光パターン 5 2 A に開口パターン 5 3 A、5 3 B が形成されることで、開口パターン 5 3 A、5 3 B 間に遮光パターン 5 2 B が形成されている。なお、例えば、マスク基板 5 1 の材料は石英などの透明基板、遮光パターン 5 2 A、5 2 B の材料は M o S i または C r などを用いることができる。

10

【 0 0 2 5 】

ここで、遮光パターン 5 2 B には、遮光パターン 5 2 B よりも光透過率が大きくなるように薄膜化された薄膜部 5 4 A、5 4 B が設けられている。ここで、薄膜部 5 4 A、5 4 B は、遮光パターン 5 2 A よりも遮光パターン 5 2 B のフォーカスズレに対する感度が敏感になるように配置することができる。なお、薄膜部 5 4 A、5 4 B は、遮光パターン 5 2 B を介して互いに対向するように配置することができる。ここで、薄膜部 5 4 A、5 4 B の膜厚は、フォトマスクを透過する透過光 L 1 と、薄膜部 5 4 A、5 4 B を半透過する半透過光 L 2 との位相差が 0 度および 1 8 0 度の整数倍と異なるように設定される。特に、位相差が 9 0 度近傍とした場合に大きなフォーカスズレを発生させることができる。例えば、薄膜部 5 4 A、5 4 B の膜厚は、遮光パターン 5 2 B の膜厚の 1 / 2 に設定することができる。なお、遮光パターン 5 2 A、5 2 B の膜厚は、光を完全に遮光するように設定する必要はなく、数 % 程度の光が透過するように設定してもよい。

20

【 0 0 2 6 】

一方、下地層 6 1 上にレジスト膜を形成する。なお、下地層 6 1 は、図 7 (a) の半導体ウェハ W であっても良いし、半導体ウェハ W 上に形成された絶縁層などであってもよく、特に限定されない。そして、図 6 (a) および図 6 (b) のフォトマスクを介してレジスト膜を露光した後、そのレジスト膜を現像することで、図 6 (c) ~ 図 6 (e) に示すように、遮光パターン 5 2 A、5 2 B に対応したレジストパターン 6 2 A、6 2 B を下地層 6 1 上に形成する。ここで、図 6 (c) に示すように、レジストパターン 6 2 A に開口パターン 6 3 A、6 3 B が形成されることで、開口パターン 6 3 A、6 3 B 間にレジストパターン 6 2 B が形成される。

30

【 0 0 2 7 】

ここで、開口パターン 5 3 A、5 3 B が形成された遮光パターン 5 2 A においては、フォーカスズレに対する感度が安定なフォーカス範囲に設定されたとする。この時、遮光パターン 5 2 B に薄膜部 5 4 A、5 4 B を設けると、遮光パターン 5 2 B においては、フォーカスズレに対する感度が敏感なフォーカス範囲にシフトされる。このため、ウェハのデフォーカスが発生すると、レジストパターン 6 2 A のエッジの位置はほとんど変化しないのに、レジストパターン 6 2 B のエッジが変化し、開口パターン 6 3 A、6 3 B の中心間距離 H D が変化する。

40

【 0 0 2 8 】

図 8 は、図 6 (a) のフォトマスクを介して露光された時にレジストパターンに形成される開口パターンの中心間距離とウェハのデフォーカスとの関係を示す図である。

図 8 において、開口パターン 6 3 A、6 3 B の中心間距離 H D の変化量とウェハのデフォーカスとはほぼ比例関係にあることが判る。このため、開口パターン 6 3 A、6 3 B の中心間距離 H D を測定することにより、ウェハのデフォーカス量 (大きさ と 方向) を求めることができる。なお、中心間距離 H D は、光学式計測器を用いて計測するようにしてもよいし、走査型電子顕微鏡 (S E M) を用いて計測するようにしてもよい。そして、ウェハのデフォーカス量が求まると、ウェハのデフォーカス量が 0 に近づくように露光条件を調整することにより、後に続くウェハの露光においてレジストパターンの寸法精度を向上

50

させることができる。ここで、半導体ウェハW上の複数の箇所を中心間距離HDの計測を行い、ウェハのデフォーカス量に変換すれば、半導体ウェハW全面でのフォーカスマップを作成することができる。

【0029】

なお、露光装置のフォーカス制御においては、オートフォーカス光を用いてウェハの表面形状を計測し、その計測結果に基づいてウェハステージの位置と姿勢を制御し、投影レンズのベストフォーカス面にウェハの高さを合わせる。この時、温度や気圧の変化に起因する投影レンズのベストフォーカス面の変化、ウェハ表面の凹凸によるフォーカス補正残、ウェハのレジスト層より下層の反射率分布に起因するフォーカス騙され等で、フォーカス精度は悪化する。フォーカス精度を向上させるには、露光装置の改善だけでなく、実際に露光されたウェハのフォーカスマップを取得して露光装置のウェハステージ制御にフィードバックすることが有効である。このフォーカスマップを取得するためには、ウェハのデフォーカス量に対して敏感なパターン(フォーカスマニタマーク)がウェハ上に転写されている必要がある。さらに、フォーカスの方向(例えば、ウェハが投影レンズに近づく方向をプラス、遠ざかる方向をマイナスとする)を把握できるフォーカスマニタマークが望ましい。このようなフォーカスマニタマークを作成するために、図6(a)および図6(b)のフォトマスクを用いることができる。このフォーカスマニタマークは、半導体ウェハWのスクライプライン上などにTEGパターンとして作成するようにしてもよい。

10

【0030】

図9(a)は、第2実施形態に係るフォトマスクの変形例を示す平面図、図9(b)は、図9(a)のフォトマスクの概略構成を示す断面図である。

20

図9(a)および図9(b)において、遮光パターンを選択的にエッチングして薄膜部を形成する代わりに、成膜材料を選択的に成膜(デポジション)することによって、同様の効果を得る事ができる。成膜材料はマスクの遮光パターンと同じ材料でも良いし、異なるものでも良い。例えば、二酸化ケイ素(SiO_2)を使用することができる。またこの場合、成膜材料の厚さは、フォトマスクを透過する透過光L1と、成膜部55A、55Bを透過ないし半透過する透過光L2との位相差が0度および180度の整数倍と異なるように設定されていればよく、マスク遮光部の厚さよりも薄くてもよいし、厚くてもよい。

【0031】

(第3実施形態)

図10は、第3実施形態に係るパターン形成方法を示すフローチャートである。

30

図10において、図6(a)および図6(b)のフォトマスクを用いることで、フォーカスマニタマークとして用いられるレジストパターンをウェハ上に形成する(S1)。次に、このフォーカスマニタマークの寸法を計測する(S2)。そして、この寸法計測結果に基づいて、ウェハのデフォーカス量を求める(S3)。この時、例えば、図8の関係を参照することにより、ウェハのデフォーカス量を求めることができる。次に、このデフォーカス量に基づいて、露光のフォーカスを調整する(S4)。

【0032】

(第4実施形態)

図11は、第4実施形態に係るフォトマスクの概略構成を示す断面図である。

40

図11において、マスク基板71A上には多層反射膜71Bが形成されている。多層反射膜71B上には吸光パターン72、73A~73Eが形成されている。なお、例えば、マスク基板71Aの材料は石英などの基板、多層反射膜71Bの材料はMoとSiの積層構造、吸光パターン72、73A~73Eの材料はTaB₂Oなどの酸化物またはTaBNなどの窒化物を用いることができる。ここで、吸光パターン73A~73Eはライン幅とライン間隔が周期的に設定された周期パターンを構成することができ、例えば、この周期パターンとしてライン&スペースを挙げることができる。また、吸光パターン73A~73Eのうち吸光パターン73A、73Bは周期パターンの端部に配置された周期端パターンを構成することができる。

【0033】

50

ここで、吸光パターン73A、73Bには、吸光パターン73A、73Bよりも反射率が高くなるように薄膜化された薄膜部74A、74Bが設けられている。なお、薄膜部74A、74Bは、吸光パターン73A、73Bの長手方向に沿って吸光パターン73A、73Bのエッジに配置することができる。ここで、薄膜部74A、74Bの膜厚は、入射光LIに対してフォトマスクを反射する反射光LO1と、薄膜部74A、74Bを半反射する半反射光LO2との位相差が0度および180度の整数倍と異なるように設定される。特に、位相差が90度近傍とした場合に大きなフォーカスズレを発生させることができる。例えば、薄膜部74A、74Bの膜厚は、吸光パターン73A、73Bの膜厚の1/2に設定することができる。なお、吸光パターン72、73A~73Eの膜厚は、光を完全に吸光するように設定する必要はなく、数%程度の光が反射されるように設定してもよい。また、入射光LIは、例えば、波長が13.5nmの極端紫外光を用いることができる。

10

【0034】

ここで、周期パターンでは反射光LO1が規則的に反射するが、周期端パターンでは反射光LO1の規則性に乱れが発生する。そして、反射光LO1の規則性に乱れがあると、乱れない場合と比べてフォーカスズレに対する感度が大きくなり、またベストフォーカスがずれる。

【0035】

ここで、吸光パターン73A、73Bに薄膜部74A、74Bを設けると、反射光LO1に半反射光LO2を干渉させることが可能となり、周期端パターンのフォーカスズレに対する感度が安定なフォーカス位置をシフトさせることができる。このため、周期パターンと周期端パターンとで、フォーカスズレに対する感度が安定なフォーカス位置を互いに近づけることができ、フォトマスクのパターン領域全体に渡ってレジストパターンの寸法誤差を許容範囲に収めることができる。

20

【0036】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

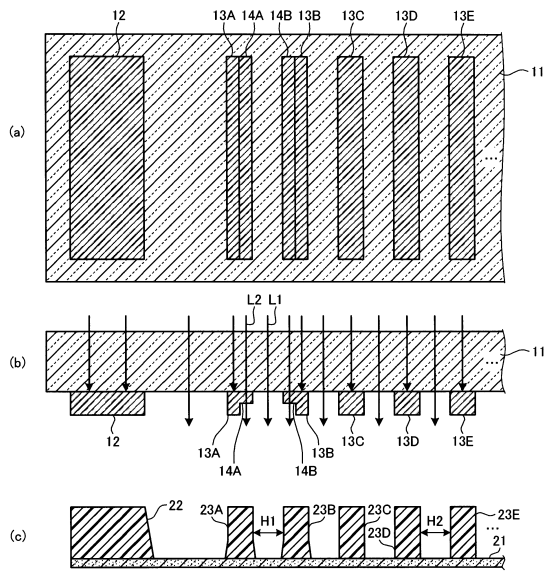
30

【符号の説明】

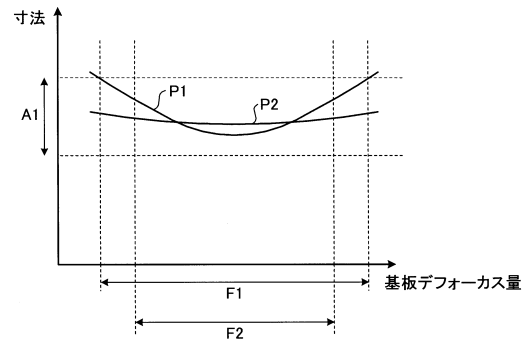
【0037】

11、51、71A マスク基板、12、13A~13E、52A、52B、72 遮光パターン、14A、14B、54A、54B、74A、74B 薄膜部、21、61 下地層、22、23A~23E、62A、62B レジストパターン、53A、53B、63A、63B 開口パターン、W ウェハ、71B 多層反射膜、72、73A~73E 吸光パターン

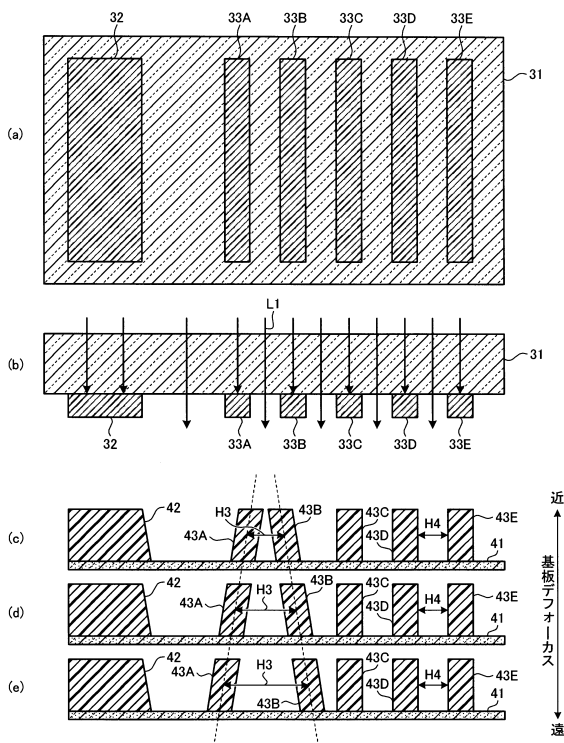
【図1】



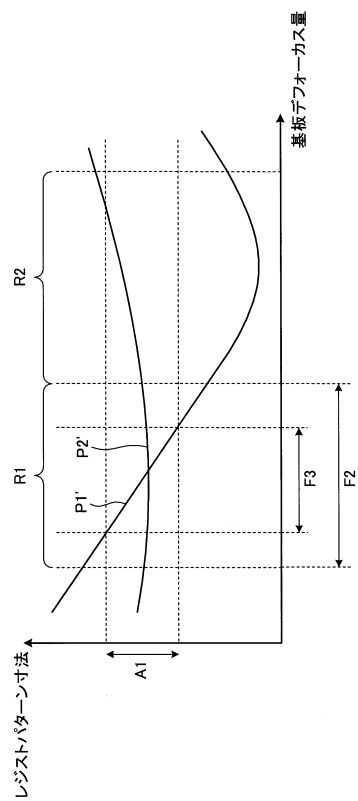
【図2】



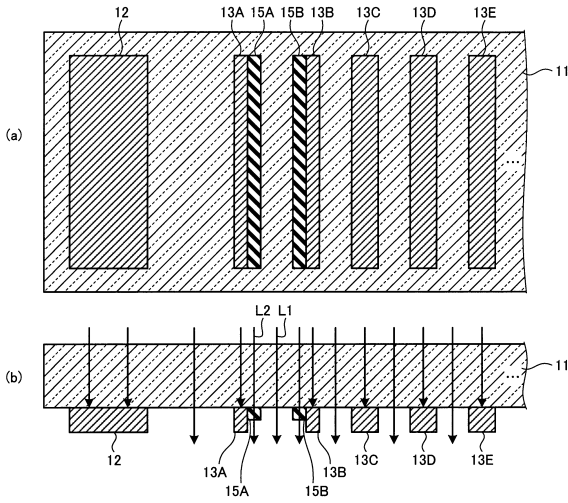
【図3】



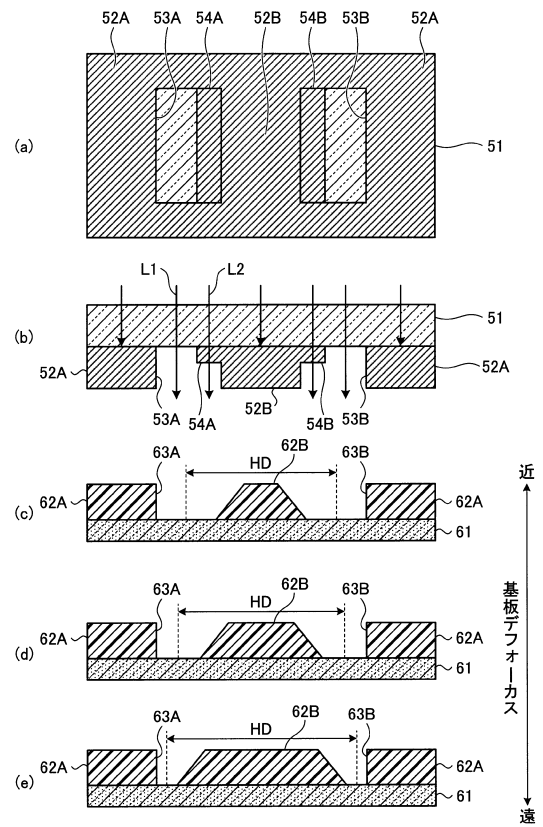
【図4】



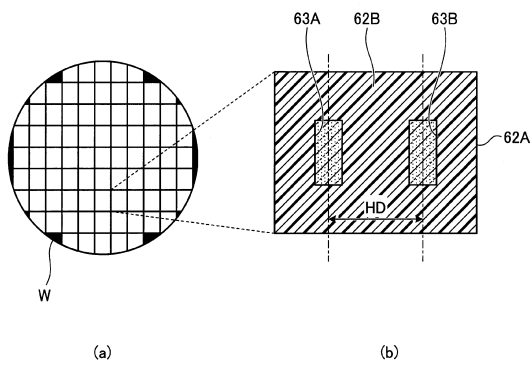
【図5】



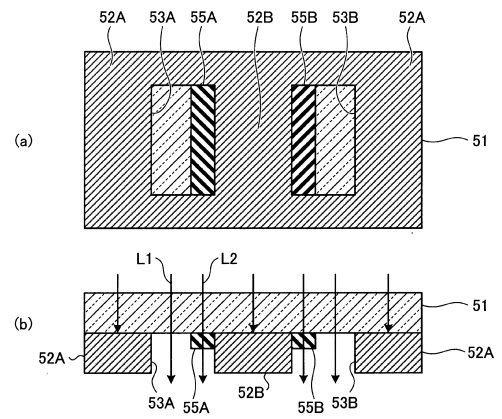
【図6】



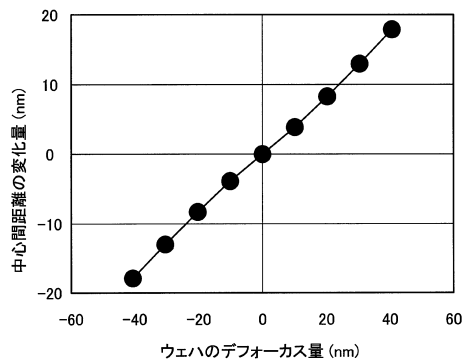
【図7】



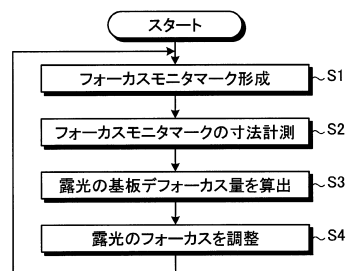
【図9】



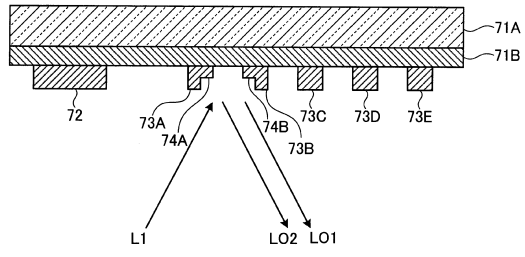
【図8】



【図10】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-022048(JP,A)
特開平10-186630(JP,A)
特開2009-212220(JP,A)
特開平10-254121(JP,A)
特開平08-306615(JP,A)
特開平09-236904(JP,A)
特開平10-232482(JP,A)
国際公開第2007/029315(WO,A1)
特開2001-356468(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 1/00 - 1/86、
H01L21/027、21/30