(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3575871号

(P3575871)

(45)発行日　平成16年10月13日(2004.10.13)　(24)登録日　平成16年7月16日(2004.7.16)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G03F 1/08	G03F	1/08	A
H01L 21/027	G03F	1/08	L
	G03F	1/08	S
	G03F	1/08	T
	H01L	21/30	502P

請求項の数 4　(全 40 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平7-152088
(22)出願日　平成7年6月19日(1995.6.19)
(65)公開番号　特開平9-5979
(43)公開日　平成9年1月10日(1997.1.10)
審査請求日　平成14年1月31日(2002.1.31)

前置審査

(73)特許権者　503121103
株式会社ルネサステクノロジ
東京都千代田区丸の内二丁目４番１号
(74)代理人　100080001
弁理士　筒井　大和
(72)発明者　岡本　好彦
東京都青梅市今井２３２６番地　株式会社日立製作所デバイス開発センタ内
(72)発明者　古泉　裕弘
東京都小平市上水本町５丁目２０番１号
株式会社日立製作所　半導体事業部内

審査官　伊藤　昌哉

最終頁に続く

(54)【発明の名称】フォトマスクの製造方法およびそのフォトマスクを用いた半導体集積回路装置の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

透過光に位相差を生じさせる位相シフタパターンがマスク基板上に設けられ、前記マスク基板上に位相シフタパターンのエッジ部と遮光パターンのエッジ部とが配置されたフォトマスクの製造方法であって、

マスクパターンが形成されたフォトマスクをＸＹ平面に移動可能な第一のステージに搭載し、正常な前記位相シフタパターンのエッジ部および正常な前記遮光パターンのエッジ部を含むマスクパターンを有するマスク基板に露光光の波長よりも長波長の光を照射して、前記マスク基板を透過した光を検出し、各々の部分のパターンのイメージデータを作成し、前記マスク基板に形成された前記マスクパターンの元になったパターンデータに基づいて得られる遮光パターンと位相シフタパターンのそれぞれの幅を、前記イメージデータに基づいて校正してビットマップを作成し、前記マスク基板に露光光の波長よりも長波長の光を照射して前記マスクパターンのイメージデータを取得し、このイメージデータと前記ビットマップとを比較照合することにより、前記マスク基板上のパターンの異常箇所を摘出する工程と、

前記第一のステージとは異なる第二のステージに前記フォトマスクを搭載し、摘出された前記異常箇所の外観を観察し、異常内容の判別を行う工程と、

前記第一や第二のステージとは異なる第三のステージに前記フォトマスクを搭載し、前記露光光の波長と同等の波長の光を前記フォトマスクに照射し、前記フォトマスクを透過した光の位相差を測定する工程とを有し、

前記異常内容の判別を行う工程は、前記フォトマスクの透光領域内に前記位相シフタパターンのエッジ部の境界領域が存在するか否かを判定し、
前記境界領域が存在する場合は、その境界領域を境にして透光領域のパターンのマスクデータを参照し、所定の間隔になっているか否かを判定する工程と、
前記透光領域のパターンに対応した位相シフタパターンのマスクデータを参照し、前記透光領域の一方に位相シフタパターンが存在するか否かについて判定する工程と、
前記所定の間隔であると判定されたパターンの一方に位相シフタパターンが存在すると判定された場合は正常であると判定し、位相シフタパターンが存在しないと判定された場合は、パターン不良であると判定する工程とを更に有することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項２】
透過光に位相差を生じさせる位相シフタパターンがマスク基板上に設けられ、前記マスク基板上に位相シフタパターンのエッジ部と遮光パターンのエッジ部とが配置されたフォトマスクの製造方法であって、
マスクパターンが形成されたマスク基板をＸＹ平面に移動可能な第一のステージに搭載し、正常な前記位相シフタパターンのエッジ部および正常な前記遮光パターンのエッジ部を含むマスクパターンを有するマスク基板に露光光の波長よりも長波長の光を照射して、前記マスク基板を透過した光を検出し、各々の部分のパターンのイメージデータを作成し、前記マスク基板に形成された前記マスクパターンの元になったパターンデータに基づいて得られる遮光パターンと位相シフタパターンのそれぞれの幅を、前記イメージデータに基づいて校正してビットマップを作成し、前記マスク基板に露光光の波長よりも長波長の光を照射して前記マスクパターンのイメージデータを取得し、このイメージデータと前記ビットマップとを比較照合することにより、前記マスク基板上のパターンの異常箇所を摘出する工程と、
摘出された前記異常箇所の外観を観察し、前記フォトマスクの透光領域内に前記位相シフタパターンのエッジ部の境界領域が存在するか否かを判定する工程を含む異常内容の判別を行う工程と、
前記第一のステージとは異なる第二のステージに前記マスク基板を搭載し、前記露光光の波長と同等の波長の光を前記マスク基板に照射し、前記マスク基板を透過した光の強度を測定する工程とを有し、
前記異常内容の判別を行なう工程において、
前記境界領域が存在する場合は、その境界領域を境にして透光領域のパターンのマスクデータを参照し、所定の間隔になっているか否かを判定する工程と、
前記透光領域のパターンに対応した位相シフタパターンのマスクデータを参照し、前記透光領域の一方に位相シフタパターンが存在するか否かについて判定する工程と、
前記所定の間隔であると判定されたパターンの一方に位相シフタパターンが存在すると判定された場合は正常であると判定し、位相シフタパターンが存在しないと判定された場合は、パターン不良であると判定する工程とを更に有することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項３】
透過光に位相差を生じさせる位相シフタパターンがマスク基板上に設けられ、前記マスク基板上に位相シフタパターンのエッジ部と遮光パターンのエッジ部とが配置された半導体集積回路用パターンが形成されたマスク基板をＸＹ平面に移動可能な第一のステージに搭載し、正常な前記位相シフタパターンのエッジ部および正常な前記遮光パターンのエッジ部を含むマスクパターンを有するマスク基板に露光光の波長よりも長波長の光を照射して、前記マスク基板を透過した光を検出し、各々の部分のパターンのイメージデータを作成し、前記マスク基板に形成された前記マスクパターンの元になったパターンデータに基づいて得られる遮光パターンと位相シフタパターンのそれぞれの幅を、前記イメージデータに基づいて校正してビットマップを作成し、前記マスク基板に露光光の波長よりも長波長の光を照射して前記マスクパターンのイメージデータを取得し、このイメージデータと前

記ビットマップとを比較照合することにより、前記マスク基板上のパターンの異常箇所を摘出する工程と、摘出された前記異常箇所の外観を観察し、前記フォトマスクの透光領域内に前記位相シフタパターンのエッジ部の境界領域が存在するか否かを判定する工程を含む異常内容の判別を行う工程と、前記第一のステージとは異なる第二のステージに前記マスク基板を搭載し、前記露光光の波長と同等の波長の光を前記マスク基板に照射し、前記マスク基板を透過した光の強度を測定する工程とを経て作成された良品のフォトマスクを準備する工程と、
フォトレジスト膜が形成された半導体基板を準備する工程と、
前記フォトマスクを縮小投影露光装置のマスクホルダに取り付け、前記半導体基板を試料台に搭載する工程と、
前記縮小投影露光装置の露光光学系を介して前記フォトマスク上のパターンを前記半導体基板上のフォトレジスト膜に転写する工程とを有し、
前記異常内容の判別を行なう工程において、
前記境界領域が存在する場合は、その境界領域を境にして透光領域のパターンのマスクデータを参照し、所定の間隔になっているか否かを判定する工程と、
前記透光領域のパターンに対応した位相シフタパターンのマスクデータを参照し、前記透光領域の一方に位相シフタパターンが存在するか否かについて判定する工程と、
前記所定の間隔であると判定されたパターンの一方に位相シフタパターンが存在すると判定された場合は正常であると判定し、位相シフタパターンが存在しないと判定された場合は、パターン不良であると判定する工程とを更に有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項４】

透過光に位相差を生じさせる位相シフタパターンがマスク基板上に設けられ、前記マスク基板上に位相シフタパターンのエッジ部と遮光パターンのエッジ部とが配置された半導体集積回路用パターンが形成されたマスク基板をＸＹ平面に移動可能な第一のステージに搭載し、正常な前記位相シフタパターンのエッジ部および正常な前記遮光パターンのエッジ部を含むマスクパターンを有するマスク基板に露光光の波長よりも長波長の光を照射して、前記マスク基板を透過した光を検出し、各々の部分のパターンのイメージデータを作成し、前記マスク基板に形成された前記マスクパターンの元になったパターンデータに基づいて得られる遮光パターンと位相シフタパターンのそれぞれの幅を、前記イメージデータに基づいて校正してビットマップを作成し、前記マスク基板に露光光の波長よりも長波長の光を照射して前記マスクパターンのイメージデータを取得し、このイメージデータと前記ビットマップとを比較照合することにより、前記マスク基板上のパターンの異常箇所を摘出する工程と、前記第一のステージとは異なる第二のステージに前記フォトマスクを搭載し、摘出された前記異常箇所の外観を観察し、前記フォトマスクの透光領域内に前記位相シフタパターンのエッジ部の境界領域が存在するか否かを判定する工程を含む異常内容の判別を行う工程と、前記第一および第二のステージとは異なる第三のステージに前記マスク基板を搭載し、前記露光光の波長と同等の波長の光を前記マスク基板に照射し、前記マスク基板を透過した光の位相差を測定する工程とを経て作成された良品のフォトマスクを準備する工程と、
フォトレジスト膜が形成された半導体基板を準備する工程と、
前記フォトマスクを縮小投影露光装置のマスクホルダに取り付け、前記半導体基板を試料台に搭載する工程と、
前記縮小投影露光装置の露光光学系を介して前記フォトマスク上のパターンを前記半導体基板上のフォトレジスト膜に転写する工程とを有し、
前記異常内容の判別を行なう工程において、
前記境界領域が存在する場合は、その境界領域を境にして透光領域のパターンのマスクデータを参照し、所定の間隔になっているか否かを判定する工程と、
前記透光領域のパターンに対応した位相シフタパターンのマスクデータを参照し、前記透光領域の一方に位相シフタパターンが存在するか否かについて判定する工程と、

前記所定の間隔であると判定されたパターンの一方に位相シフタパターンが存在すると判定された場合は正常であると判定し、位相シフタパターンが存在しないと判定された場合は、パターン不良であると判定する工程とを更に有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

本発明は、フォトマスクの製造方法およびそのフォトマスクを用いた半導体集積回路装置の製造技術に関し、特に、位相シフタを有するフォトマスクの検査方法に適用して有効な技術に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

半導体集積回路の微細化が進み、回路素子や配線の設計ルールがサブミクロン・オーダになると、ｉ線（波長３６５ｎｍ）等の光によってフォトマスク上の集積回路パターンを半導体ウエハに転写するフォトリソグラフィ工程においては、パターン転写精度の低下が深刻な問題となる。

【０００３】

このような問題を改善する手段として、マスクを透過する光の位相を変えることによって、投影像のコントラストの低下を防止する位相シフト技術が注目されている。

【０００４】

例えば特公昭６２－５９２９６号公報には、マスク上の遮光領域を挟む一対の開口の一方に位相推移体を設け、この一対の開口を透過した２つの光の位相を互いに逆相とすることにより、半導体ウエハ上における２つの光の境界部の光の強度を弱める位相シフト技術が開示されている。

【０００５】

このような位相シフト露光技術においては、マスク（レチクル）上の光透過領域および遮光領域からなるパターンを半導体ウエハ上に転写する際、互いに隣接する一対の光透過領域のいずれか一方に所定の屈折率を有する透明膜からなる位相シフタを設け、これらの光透過領域を透過した直後の２つの光の位相が互いに逆相となるように位相シフタの膜厚を調整する。これにより、半導体ウエハ上では、２つの光がそれらの境界部で互いに干渉し合って弱め合うので、パターンの投影像のコントラストが大幅に向上し、パターン転写精度が良好になる。

【０００６】

このような位相シフト膜としては、形成が容易であるという観点からＳＯＧ（Ｓｐｉｎ　Ｏｎ　Ｇｌａｓｓ　）法等によって形成される透明な絶縁膜が使用されるが、この場合、遮光パターンを形成する金属膜上に位相シフト膜を形成すると、その金属膜の段差、金属膜上の付着異物に起因して位相シフト膜の厚さが局所的に設計値と異なる結果、位相差変化が生じ、転位欠陥や焦点深度を下げる原因となる問題がある。

【０００７】

また、遮光用クロム膜の下側にシフタを形成する方式のマスク基板がある。この方式の場合、石英基板上に設けられた所定膜厚の透明膜上に遮光膜を被着する必要があるが、石英基板に微小欠陥が多く発生する他、パターン形成後にも遮光膜の一部が剥がれて欠陥となる場合がある。

【０００８】

これらのことから位相シフトパターンを有するマスク基板の検査が必要であり、この検査技術は、微細な転写パターンが要求されるにつれて益々重要になるとともに、益々高い検査精度が要求されるものである。

【０００９】

このような位相シフト露光技術に用いるマスクの検査については、非常に微細なマスク欠陥さえも転写してしまうことから検査および修正に高度な技術が要求され、難しいという

問題がある。
【００１０】
このようなマスクの検査技術に関しては、例えば特開平４－３２１０４７号公報に記載があり、位相シフト膜パターンを有するレチクルを検査する際に、同一検査装置内において、レチクルの欠陥領域を抽出する工程と、その欠陥領域の欠陥箇所を特定する工程とを行う技術が開示されている。
【００１１】
また、例えば特開平４－３４５１６３号公報には、位相シフトフォトマスクの検査に際して、３種類のリサイズデータを遮光パターンのデータから作成し、これによって得られた参照パターンと実際のフォトマスクのパターンとを比較することで位相シフトフォトマスク上のパターンを検査する技術が開示されている。
【００１２】
また、例えば特開平４－２２９８６３号公報および特開平４－２２９８６４号公報には、位相シフトフォトマスクにおける位相変化量を検査する検査装置について開示されている。
【００１３】
また、例えば特開平４－３２８５４９号公報には、フォーカスの合った画像、焦点深度の数倍の範囲内で前ピン方向にわずかにデフォーカスして得られた画像および焦点深度の数倍の範囲内で後ピン方向にわずかにデフォーカスして得られた画像の合わせによって透明膜等の異物を検出する技術について開示されている。
【００１４】
さらに、例えば特開平６－３５１７１号公報には、位相シフトマスクのパターンデータを検証する技術について開示されている。
【００１５】
【発明が解決しようとする課題】
ところが、上記位相シフタパターンを有するフォトマスク（以下、位相シフトマスクという）の検査技術においては、以下の問題があることを本発明者は見い出した。
【００１６】
例えば特開平４－３２１０４７号公報に記載の技術においては、同一検査装置内で検査するので、複数枚の位相シフトマスク等を効率良く検査するのには適していない。
【００１７】
また、例えば特開平４－２２９８６３号公報および特開平４－２２９８６４号公報に記載の技術は、位相変化量のみを検査する技術が開示されているのみで、他の検査も含めた位相シフトマスクの検査を効率良く行うことについて検討されていない。
【００１８】
また、例えば特開平４－３２８５４９号公報に記載の技術においても、透明な異物等を良好に検出できる技術の開示のみで、他の検査も含めた位相シフトマスクの検査を効率良く行うことについて検討されていない。
【００１９】
また、例えば特開平４－３４５１６３号公報に記載の技術においては、透光領域内に位相シフタパターンのエッジ部がある場合に適用することができない。例えば良好であるにもかかわらず不良であると判定してしまう。
【００２０】
さらに、例えば特開平６－３５１７１号公報に記載の技術においては、マスクの透光領域のすべてに位相シフタを設ける構造には適用できるが、透光領域内に位相シフタのエッジ部が存在する場合には適用できない。例えば良好であるにもかかわらず不良であると判定してしまう。
【００２１】
そして、このような位相シフタパターンのエッジ部が配置されている透光領域での良否判別について本発明者が検討した技術によれば、その微細なパターンの領域を検査者が１つ

１つ観測することで良否判定しているので、検査に時間がかかり、検査効率が低下する問題がある。

【００２２】

本発明の目的は、位相シフタパターンを有するフォトマスクの検査効率を向上させることのできる技術を提供することにある。

【００２３】

また、本発明の目的は、位相シフタパターンを有するフォトマスクの検査精度を向上させることのできる技術を提供することにある。

【００２４】

また、本発明の他の目的は、透光領域内に位相シフタパターンのエッジ部が存在するようなフォトマスクの検査を行うことのできる技術を提供することにある。

【００２５】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【００２６】

【課題を解決するための手段】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【００２７】

すなわち、本発明は、透過光に位相差を生じさせる位相シフタパターンがマスク基板上に設けられ、前記マスク基板上に位相シフタパターンのエッジ部と遮光パターンのエッジ部とが配置されたフォトマスクの製造方法であって、

マスクパターンが形成されたフォトマスクをＸＹ平面に移動可能な第一のステージに搭載し、正常な前記位相シフタパターンのエッジ部および正常な前記遮光パターンのエッジ部を含むマスクパターンを有するマスク基板に露光光の波長よりも長波長の光を照射して、前記マスク基板を透過した光を検出し、各々の部分のパターンのイメージデータを作成し、前記マスク基板に形成された前記マスクパターンの元になったパターンデータに基づいて得られる遮光パターンと位相シフタパターンのそれぞれの幅を、前記イメージデータに基づいて校正してビットマップを作成し、前記マスク基板に露光光の波長よりも長波長の光を照射して前記マスクパターンのイメージデータを取得し、このイメージデータと前記ビットマップとを比較照合することにより、前記マスク基板上のパターンの異常箇所を摘出する工程と、

前記第一のステージとは異なる第二のステージに前記フォトマスクを搭載し、摘出された前記異常箇所の外観を観察し、異常内容の判別を行う工程と、

前記第一や第二のステージとは異なる第三のステージに前記フォトマスクを搭載し、前記露光光の波長と同等の波長の光を前記フォトマスクに照射し、前記フォトマスクを透過した光の位相差を測定する工程とを有し、

前記異常内容の判別を行う工程は、前記フォトマスクの透光領域内に前記位相シフタパターンのエッジ部の境界領域が存在するか否かを判定し、

前記境界領域が存在する場合は、その境界領域を境にして透光領域のパターンのマスクデータを参照し、所定の間隔になっているか否かを判定する工程と、

前記透光領域のパターンに対応した位相シフタパターンのマスクデータを参照し、前記透光領域の一方に位相シフタパターンが存在するか否かについて判定する工程と、

前記所定の間隔であると判定されたパターンの一方に位相シフタパターンが存在すると判定された場合は正常であると判定し、位相シフタパターンが存在しないと判定された場合は、パターン不良であると判定する工程とを更に有するものである。

【００４２】

【作用】

上記した本発明のフォトマスクの製造方法によれば、各検査工程に分けることにより、複数枚のフォトマスクを検査する場合に、例えば任意のフォトマスクは異常摘出工程、異常

摘出工程の終了した他のフォトマスクは第１の良否判定工程、さらに異常摘出工程の終了した他のフォトマスクは第２の良否判定工程というように分けて検査を行うことができ、フォトマスクの検査が１つの検査工程で滞るのを防止することができるので、複数枚のフォトマスクの検査を効率良く実行することができる。

【００４３】

また、各検査工程に分けることにより、個々の検査に適した検査光学系等を設置することができるので、各検査工程での検査精度を大幅に向上させることができる。

【００４４】

また、各検査工程に分けることにより、個々の検査工程毎にデータを分割することができるので、検査装置におけるデータの負荷を軽くことができる。このため、データ処理速度を向上させることができ、検査効率を向上させることが可能となる。

【００４５】

さらに、各検査工程に分けることにより、不要な検査を無くすことができる。例えば異常摘出工程において、その後の検査が不要と判定された場合あるいはその後の検査が不要とされた領域が発見された場合には、その情報を第１の良否判定工程や第２の良否判定工程に伝送することにより、フォトマスクの全領域での第１の良否判定工程および第２の良否判定工程やフォトマスクの一部の領域での第１の良否判定工程および第２の良否判定工程を削減することができる。

【００４６】

また、誤検査を防止することができるので、位相シフタパターンのエッジ部が配置される透光領域についても不良と判定せずに、位相シフタパターンを有するフォトマスクの検査を実行することができる。

【００４８】

【実施例】

以下、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

【００４９】

（実施例１）

本実施例１のフォトマスク（レチクル）は、例えば半導体集積回路装置の製造工程の露光工程において、所定の集積回路パターンを半導体ウエハ上に転写するためのものである。このフォトマスクには、例えば実寸の５倍の集積回路パターンの原画が形成されている。なお、このような集積回路パターンは、後述するように、縮小投影光学系によって半導体ウエハ上に転写されるようになっている。

【００５０】

本実施例１のフォトマスクの平面図を図２に示す。フォトマスク１は、例えば平面四角形上のマスク基板２を母体としている。マスク基板２は、例えば屈折率が１．４７程度の合成石英ガラス等のような透明材料からなる。

【００５１】

マスク基板２の主面中央の矩形状の領域は転写領域Ａである。この転写領域Ａには、転写しようとしている所定の集積回路パターンの原画が形成されている。また、マスク基板２の転写領域Ａの周囲には遮光領域Ｂが配置されている。この遮光領域Ｂには、複数個のアライメントマーク３ａ，３ｂが形成されている。

【００５２】

このアライメントマーク３ａ，３ｂのうち、転写領域Ａの両側近傍に配置された２つのアライメントマーク３ａは、露光装置とフォトマスク１との平面位置合わせに使用するマークである。また、転写領域Ａの上下左右の中央に配置された４つのアライメントマーク３ｂは、フォトマスク１と半導体ウエハとの位置合わせに使用するマークである。いずれのアライメントマーク３ａ，３ｂも、例えば十字状の透光領域によって形成されている。

【００５３】

このようなフォトマスク１の転写領域Ａにおける要部断面図を図３および図４に示す。マスク基板２の主面上には、所定形状に形成された遮光パターン４および位相シフタパター

ン５が形成されている。

【００５４】

遮光パターン４は、例えばクロム（Ｃｒ）等のような金属膜からなる。位相シフタパターン５は、図３に示すように、例えばSiO_2　等からなる透明膜５ａを所定厚さで被着することで形成する場合と、例えばマスク基板２に所定深さの溝５ｂを掘ることで形成する場合等がある。

【００５５】

このようなフォトマスク１上のパターンを縮小投影光学系によって半導体ウエハ上のレジスト膜に投影した光の振幅および強度を図５に示す。

【００５６】

図５（ａ）に示すように、本実施例１のフォトマスク１は、遮光パターン４を挟む透光領域Ｃ１　，Ｃ２　の一方に設けられた位相シフタ用の溝５ｂにより透過光の位相を反転させ、それらの間の光の干渉を利用することにより、露光波長よりも近接したパターンを、例えば縮小投影システム等の投影光学系を通じて半導体ウエハ上のレジスト膜の表面に結像させることが可能な構造になっている。

【００５７】

このようなフォトマスク１を透過した光は、図５（ｂ）に示すように、透光領域Ｃ１　を透過した直後の光と、透光領域Ｃ２　を透過した直後の光とで互いに反転する。フォトマスク１を透過した直後の光の振幅は、矩形波形であるが、半導体ウエハのレジスト膜での光の振幅は、図５（ｃ）に示すように、曲線状の波形となる。そして、半導体ウエハ上では、位相の異なる２つの光がそれらの境界部となる遮光領域Ｄで互いに干渉し合って弱め合い、図５（ｄ）に示すような光強度波形になる。したがって、このようなフォトマスク１によれば、透過光の位相差を操作する機能を充分に作用させることができるので、投影露光の解像度および焦点深度を高めて微細な転写パターンを得ることができる。

【００５８】

次に、このようなフォトマスク１の検査について説明する。

【００５９】

本実施例で説明するマスクの検査方法は、フォトマスク１上のパターンが微細化されるに伴い、同一のステージ上で、パターンの異常部摘出と、その良否判定とを行うことが困難であるという課題に対するものである。

【００６０】

したがって、これから説明するフォトマスク１上には、その製造工程中において、遮光パターン４を形成する遮光膜の欠けや残留物、位相シフタパターン５の欠けや残留物、付着異物または透過光の位相差誤差等を含んでいるとする。

【００６１】

ここで、問題とする位相シフタパターンの位相差誤差は、例えば図６に示すような異常である。すなわち、この異常は、位相シフタパターンの一部が、その形成プロセス中に消失したものであり、通常のフォトマスク検査方法での異常摘出やその内容判別が困難な一例である。

【００６２】

フォトマスク１の正常部の断面図を図７に示す。所定の透光領域Ｃ２　では位相シフタパターン形成用の透明膜５ａが被着され、所定の透光領域Ｃ１　では位相シフタパターン形成用の透明膜５ａが取り除かれ、マスク基板２の一部が露出している。一方、フォトマスク１の異常部では、図８に示すように、本来、位相シフタパターン形成用の透明膜５ａが取り除かれていなければならない領域にも透明膜５ａが被着されている。

【００６３】

このような異常が存在するフォトマスク１を用いて縮小投影光学系によって集積回路パターンを半導体ウエハ上のポジ形のフォトレジスト膜に転写すると、正常部は、例えば直径０．３μｍ程度のホールを形成することができるが、異常部では、透過光が広がってしまう結果、例えば直径０．４μｍ以上のホールとなってしまう。

【００６４】
このような異常は、位相シフタパターン５の一部が完全に消失した例であるが、位相シフタパターン５の一部がなだらかにその高さ方向に変形しているような場合もあり、この場合は、さらに異常の摘出や内容の判別が困難になる。
【００６５】
図９は、電子ビーム露光方法により製作したマスクパターン（この場合、集積回路パターンに等しい）の一例である。このパターンでは、領域Ｅは、電子ビーム露光処理の際に、矩形ビームの丸め込み誤差によって斜めパターンの段差誤差となったものである。この誤差の寸法は、マスク上で、例えば０．２μｍ以下である。
【００６６】
問題は、このような丸め込み誤差箇所に関しても、そのマスクパターンを観測して得られたパターンデータと、マスクパターンを形成するための元の設計データと比較照合すると欠陥として多数摘出されてしまうことである。しかし、このような場合は、縮小投影光学系に通して半導体ウエハに転写しても影響がないので、欠陥と判定しないことが必要になる。すなわち、位相シフタパターン５を有するフォトマスク１の検査においては、そのマスク基板２上の異常箇所の摘出と共に、その内容の判定が重要となる。
【００６７】
次に、本実施例１のフォトマスク１の検査方法に用いる検査装置を図１によって説明する。
【００６８】
本実施例の検査装置６は、異常摘出ステーション７と、異常判別ステーション８と、位相差測定ステーション９とを有している。各ステーション７～９は、検査部については物理的に分離しているが、各ステーション７～９同士でのデータの授受および共有が可能な構造となっているとともに、連携動作等も可能な構造となっている。
【００６９】
異常摘出ステーション７は、例えばフォトマスク１の外観を検査することにより、フォトマスク１上における異常箇所を摘出するための検査機構部であり、検査部７Ａとデータ処理部７Ｂとを有している。
【００７０】
検査部７Ａは、フォトマスク１の外観検査を実行する構成部であり、検査ステージ７Ａ１　と、ステージ駆動機構７Ａ２　と、レーザ干渉計７Ａ３　と、光学レンズ７Ａ４　，７Ａ５　と、光源７Ａ６　と、反射板７Ａ７　と、センサ７Ａ８　と、制御回路７Ａ９　とを有している。
【００７１】
検査ステージ７Ａ１　は、フォトマスク１を載置するステージである。ステージ駆動機構７Ａ２　は、検査ステージ７Ａ１　を平面内において移動させることでフォトマスク１の位置を設定する機構部である。レーザ干渉計７Ａ３　は、フォトマスク１の平面座標位置を検出する構成部である。光学レンズ７Ａ４　は、光源７Ａ６　から放射された光をフォトマスク１側に集光するレンズであり、光学レンズ７Ａ５　は、フォトマスク１を透過した光を反射板７Ａ７　に集光するレンズである。
【００７２】
光源７Ａ６　から放射される光には、例えば波長４８８ｎｍ等のような露光光よりも波長の長い光が使用されている。反射板７Ａ７　は、光学レンズ７Ａ５　からの光をセンサ７Ａ８　に照射するための構成部である。センサ７Ａ８　には、例えばＣＣＤ（Ｃｈａｒｇｅ　Ｃｏｕｐｌｅｄ　Ｄｅｖｉｃｅ　）アレイセンサ等のようなイメージセンサが使用されている。
【００７３】
制御回路７Ａ９　は、検査部７Ａの動作制御を行う回路部である。例えば制御回路７Ａ９　は、ステージ駆動機構７Ａ２　を駆動させてフォトマスク１の平面位置設定を行うことが可能となっている。この際、制御回路７Ａ９　では、検査ステージ７Ａ１　の移動量を

、レーザ干渉計７Ａ３　で検出されたフォトマスク１の位置座標データを参照することで算出するようになっている。

【００７４】

データ処理部７Ｂは、検査部７Ａで検出されたデータを処理する構成部であり、ＣＰＵ７Ｂ１　、ＶＤＴ７Ｂ２　、磁気ディスクドライバ７Ｂ３　、通信Ｉ／Ｏ（入出力）ポート７Ｂ４　、データ変換回路７Ｂ５　，７Ｂ６　、画像メモリ７Ｂ７　，７Ｂ８　、比較器７Ｂ９　、記憶部７Ｂ１０、磁気テープドライバ７Ｂ１１および入出力ポート７Ｂ１２を有している。

【００７５】

なお、ＣＰＵ７Ｂ１　、ＶＤＴ７Ｂ２　、磁気ディスクドライバ７Ｂ３　、通信Ｉ／Ｏ回路７Ｂ４　、データ変換回路７Ｂ５　、記憶部７Ｂ１０および入出力ポート７Ｂ１２はデータバスＤＢ１　を通じて電気的に接続されている。

【００７６】

ＣＰＵ７Ｂ１　は、異常摘出ステーション７の全体動作を制御する主制御部である。磁気ディスクドライバ７Ｂ３　は、ＣＰＵ７Ｂ１　の制御プログラムや集積回路パターン等のようなデータを記憶する記憶部である。

【００７７】

通信Ｉ／Ｏ回路７Ｂ４　は、異常摘出ステーション７と、異常判別ステーション８および位相差測定ステーション９との間でデータの授受等を行うための回路部であり、各ステーション７～９は、その通信Ｉ／Ｏ回路７Ｂ４　をデータ入出力回路部として伝送ケーブルを通じて電気的に接続されている。

【００７８】

データ変換回路７Ｂ５　は、例えば磁気ディスクドライバ７Ｂ３　等に格納された集積回路パターンのデータを２次元マップ状の画像データに変換する回路部であり、ここで変換された画像データは、画像メモリ７Ｂ８　に格納されるようになっている。

【００７９】

また、センサ７Ａ８　と電気的に接続されたデータ変換回路７Ｂ６　は、センサ７Ａ８　で実際に検出されたフォトマスク１上のパターンのデータを２次元マップ状の画像データに変換する回路部であり、ここで変換された画像データは、画像メモリ７Ｂ７　に格納されるようになっている。

【００８０】

比較器７Ｂ９　は、画像メモリ７Ｂ７　，７Ｂ８　に格納された画像データを比較するための回路部であり、この比較データは、記憶部７Ｂ１０に送られ、フォトマスク１における検査領域の位置座標データと合わせて、データバスＤＢ１　を介して磁気ディスクドライバ７Ｂ３　の磁気ディスクまたはＣＰＵ７Ｂ１　に伝送されるようになっている。記憶部７Ｂ１０は、検査部７Ａのレーザ干渉計７Ａ３　と電気的に接続されており、レーザ干渉計７Ａ３　から伝送される位置座標データを記憶するようになっている。

【００８１】

磁気テープドライバ７Ｂ１１は、例えば集積回路パターンの設計データの記憶された磁気テープを読み取る装置である。この磁気テープドライバ７Ｂ１１の磁気テープのデータは、入出力ポート７Ｂ１２を介して磁気ディスクドライバ７Ｂ３　内の磁気ディスクに記憶されるようになっている。

【００８２】

なお、データバスＤＢ１　には、Ｉ／Ｏ回路を通じてモニタ等が電気的に接続されており、それによって検査領域の画像を検査者が目視可能になっている。

【００８３】

異常判別ステーション８は、例えばフォトマスク１の外観を検査することにより、異常内容について分類するための検査機構部であり、検査部８Ａとデータ処理部８Ｂとを有している。その異常内容の種類には、例えば遮光パターンの欠けや残留物、位相シフタパターンの欠けや残留物、付着異物、遮光パターンと位相シフタパターンとの寸法や重ね合わせ

誤差、あるいは位相差誤差等がある。

【００８４】

検査部８Ａは、フォトマスク１の外観検査を実行する構成部であり、検査ステージ８Ａ１　と、ステージ駆動機構８Ａ２　と、座標測定部８Ａ３　と、光学レンズ８Ａ４　と、光源８Ａ５　と、ハーフミラー８Ａ６　と、外観モニタ８Ａ７　と、制御回路８Ａ８　とを有している。

【００８５】

検査ステージ８Ａ１　は、フォトマスク１を載置するステージである。ステージ駆動機構８Ａ２　は、検査ステージ８Ａ１　を平面内において移動させることでフォトマスク１の位置を設定する機構部である。座標測定部８Ａ３　は、フォトマスク１の平面座標位置を検出する構成部である。

【００８６】

光学レンズ８Ａ４　は、光源８Ａ５　から放射された光がハーフミラー８Ａ６　を介して入射された光をフォトマスク１側に集光するとともに、フォトマスク１から反射された光を外観モニタ８Ａ７　側に集束するレンズである。光源８Ａ５　から放射される光には、例えば波長が３２５ｎｍ（Ｈｅ－Ｃｄレーザ）の短波長の光が使用されている。

【００８７】

制御回路８Ａ８　は、検査部８Ａの動作制御を行う回路部である。例えば制御回路８Ａ８　は、ステージ駆動機構８Ａ２　を駆動させてフォトマスク１の平面位置を設定することが可能となっている。この際、制御回路８Ａ８　では、検査ステージ８Ａ１　の移動量を、座標測定部８Ａ３　で検出されたフォトマスク１の位置座標データを参照することで算出するようになっている。

【００８８】

データ処理部８Ｂは、検査部８Ａで検出されたデータを処理する構成部であり、ＣＰＵ８Ｂ１　、ＶＤＴ８Ｂ２　、通信Ｉ／Ｏ回路８Ｂ３　、記憶部８Ｂ４　，８Ｂ５　を有している。なお、ＣＰＵ８Ｂ１　、ＶＤＴ８Ｂ２　、記憶部８Ｂ４　，８Ｂ５　、外観モニタ８Ａ７　および座標測定部８Ａ３　はデータバスＤＢ２　を通じて電気的に接続されている。

【００８９】

ＣＰＵ８Ｂ１　は、異常判別ステーション８の全体動作を制御する主制御部である。通信Ｉ／Ｏ回路８Ｂ３　は、異常判別ステーション８と、異常摘出ステーション７および位相差測定ステーション９との間でデータの授受等を行うための回路部であり、各ステーション７～９は、その通信Ｉ／Ｏ回路８Ｂ３　をデータ入出力回路部として伝送ケーブルを通じて電気的に接続されている。

【００９０】

記憶部８Ｂ４　は、判定結果のデータ等のようなデータを記憶する記憶部である。なお、この判定結果のデータには、その異常内容の存在する座標データも一緒に記されている。また、記憶部８Ｂ５　は、検査領域の座標データを格納するための記憶部である。

【００９１】

すなわち、異常判別ステーション８では、異常摘出ステーション７から伝送された異常領域のデータに基づいて、フォトマスク１のパターンを検査し、外観モニタ８Ａ７　で異常内容の判定および分類を行った後、その判定結果データを、座標測定部８Ａ３　から伝送された検査領域の位置座標データを付加した状態で、記憶部８Ｂ４　内に記憶するようになっている。

【００９２】

位相差測定ステーション９は、例えばフォトマスク１における光の位相差の良否を検査するための検査機構部であり、検査部９Ａとデータ処理部９Ｂとを有している。

【００９３】

検査部９Ａは、フォトマスク１の位相差測定を実行する構成部であり、検査ステージ９Ａ１　と、ステージ駆動機構９Ａ２　と、座標測定部９Ａ３　と、光学レンズ９Ａ４　，９

Ａ５　と、光源９Ａ６　と、モニタ９Ａ７　と、制御回路９Ａ８　とを有している。

【００９４】

検査ステージ９Ａ１　は、フォトマスク１を載置するステージである。ステージ駆動機構９Ａ２　は、検査ステージ９Ａ１　を平面内において移動させることでフォトマスク１の位置を設定する機構部である。座標測定部９Ａ３　は、フォトマスク１の平面座標位置を検出する構成部である。光学レンズ９Ａ４　は、光源９Ａ６　から放射された光をフォトマスク１側に集光するレンズであり、光学レンズ９Ａ５　は、フォトマスク１を透過した光をモニタ９Ａ７　に集光するレンズである。光源９Ａ６　から放射される光には、例えばｉ線（波長３６５ｎｍ）等のような露光光と同等の短い波長の光が使用されている。

【００９５】

制御回路９Ａ８　は、検査部９Ａの動作制御を行う回路部である。例えば制御回路９Ａ８　は、ステージ駆動機構９Ａ２　を駆動させてフォトマスク１の平面位置を設定することが可能となっている。この際、制御回路９Ａ８　では、検査ステージ９Ａ１　の移動量を、座標測定部９Ａ３　で検出されたフォトマスク１の位置座標データを参照することで算出するようになっている。

【００９６】

データ処理部９Ｂは、検査部９Ａで検出されたデータを処理する構成部であり、ＣＰＵ９Ｂ１　、ＶＤＴ９Ｂ２　、記憶部９Ｂ３　、通信Ｉ／Ｏ回路９Ｂ４　および位相差測定部９Ｂ５　を有している。なお、ＣＰＵ９Ｂ１　、ＶＤＴ９Ｂ２　、記憶部９Ｂ３　、通信Ｉ／Ｏ回路９Ｂ４　および位相差測定部９Ｂ５　はデータバスＤＢ３　を通じて電気的に接続されている。

【００９７】

ＣＰＵ９Ｂ１　は、位相差測定ステーション９の全体動作を制御する主制御部である。記憶部９Ｂ３　には、検査領域の座標データ等が記憶されている。

【００９８】

通信Ｉ／Ｏ回路９Ｂ４　は、位相差測定ステーション９と、異常摘出ステーション７および異常判別ステーション８との間でデータの授受等を行うための回路部であり、各ステーション７～９は、その通信Ｉ／Ｏ回路９Ｂ４　をデータ入出力回路部として伝送ケーブルを通じて電気的に接続されている。

【００９９】

位相差測定部９Ｂ５　は、モニタ９Ａ７　で観測されたパターンデータに基づいて、フォトマスク１を透過した光の位相差誤差等を測定するための測定部である。

【０１００】

すなわち、位相差測定ステーション９では、異常摘出ステーション７または異常判別ステーション８から伝送された異常領域のデータに基づいて、フォトマスク１を透過した光の位相差を測定した後、その測定データを、座標測定部９Ａ３　から伝送された検査領域の位置座標データを付加した状態で、記憶部９Ｂ３　内に記憶するようになっている。

【０１０１】

各ステーション７～９では、各々のＣＰＵ７Ｂ１　～９Ｂ１　において、フォトマスク１上の位置座標データを互換性を持った状態で共有することが可能になっている。したがって、異常摘出ステーション７の検査ステージ７Ａ１　、異常判別ステーション８の検査ステージ８Ａ１　および位相差測定ステーション９の検査ステージ９Ａ１　とで、座標系を換算する必要がある。ここでは、それぞれの検査ステージ７Ａ１　～９Ａ１　において、座標軸の直交度、直進度等に誤差があるが、フォトマスク１上に標準格子パターンを形成したフォトマスクを用い、二次元の座標系の換算マップを作成することで、その誤差を低減し、座標系の換算を可能としている。

【０１０２】

また、上記の各ステーション７～９は、各々座標データ等を簡単に転送できるように、それぞれのＣＰＵ７Ｂ１，８Ｂ１，９Ｂ１　をそれぞれの通信Ｉ／Ｏ回路７Ｂ４，８Ｂ３，９Ｂ４　およびこれらに接続された信号ケーブル等によって電気的に接続されている。た

だし、これは、例えばフロッピィディスクや光ディスク等のような記憶媒体をフォトマスク１と共に持ち運ぶようにすることでも可能であるが、その場合には、各ＣＰＵ７Ｂ１～９Ｂ１　でのデータ互換性をとる必要がある。

【０１０３】

そして、上記フォトマスク１は、フォトマスク１とともにそのフォトマスク１のデータを各ステーション７～９に転送することで、各検査段階における処理および指示により、上記各検査段階の再処理が可能となっている。

【０１０４】

さらに、例えば所定のフォトマスク１の異常摘出工程の間に、そのフォトマスク１とは別のフォトマスク１について異常判定処理を行うことも可能となっている。すなわち、１つの検査装置内で検査をする場合にその検査装置でフォトマスク１の検査処理が滞ってしまうような不具合を防止することができる。これにより、フォトマスク１の検査効率を向上させることが可能となっている。

【０１０５】

次に、本実施例１のフォトマスク１の検査方法を説明する。

【０１０６】

まず、フォトマスク１を図１の検査装置６の異常摘出ステーション７に搬入し、異常摘出ステーション７内の平面移動可能な検査ステージ７Ａ１　上に搭載する。

【０１０７】

続いて、光源７Ａ６　から放射された異常検出用の光ビームを、光学レンズ７Ａ４　を介してフォトマスク１の裏面側から照射し、これによってフォトマスク１を透過した光を光学レンズ７Ａ５　および反射板７Ａ７　を介してセンサ７Ａ８　等によって検出する。

【０１０８】

ここでの異常検出用の光ビームとしては、例えば波長４８８ｎｍ程度のアルゴンレーザを用いる。また、イメージセンサとしては、例えばＣＣＤアレイセンサを用いた。

【０１０９】

このような異常摘出ステーション７では、パターンの検出速度と検出感度とを最大限に上げることが必要条件となる。ここでの単位面積当りのパターンの検出速度と検出感度とは、異常検出光の光源７Ａ６　の光強度とセンサ７Ａ８　の感度とによって決まる。また、各画素毎の光強度を複数に分割することにより、検出分解能を向上させることが可能となっている。異常検出光用の光源７Ａ６　に短波長の光を放射する光源７Ａ６　を用いることも検出感度を向上させる上で有利であるが、イメージセンサの画素数と画素ピッチとの組合せを考慮して上記のものとした。

【０１１０】

したがって、本実施例１においては、異常検出を行う際には、フォトマスク１上のパターンを半導体ウエハ上に転写するための露光光の波長よりも長波長の光ビームを用いることになっている。ただし、フォトマスクの位相差検査においては、上記したように、半導体ウエハ上にパターンを転写するための露光光と同一の波長の光を用いる。

【０１１１】

フォトマスク１上の位置座標データは、レーザ干渉計７Ａ３　によって測定される。ここでは、上記した検査ステージ７Ａ１　の位置座標データを、Ｘ軸およびＹ軸の両方向にレーザ光を走査することで測定する、いわゆるレーザ干渉法等により、例えば０．０１μｍの単位で測定する。そして、フォトマスク１上の位置座標データと、センサ７Ａ８　で検出した画像データとをそれぞれ記憶部７Ｂ１０および画像メモリ７Ｂ７　に一時的に記憶する。

【０１１２】

ここで、センサ７Ａ８　で検出された画像データと、上記した集積回路形成用のパターンデータとを比較するか、または、センサ７Ａ８　で検出された画像データと、フォトマスク１上の異なる領域の画像データとを比較する。そして、双方のデータ間に差異が生じた領域の寸法、光検出強度差による単純分類のデータをフォトマスク１上の位置座標と共に

摘出するとともに、その差異の発生箇所における位置座標データおよび寸法や単純分類のデータ等を記憶部７Ｂ１０または磁気ディスクドライバ７Ｂ３　に記憶する。このようにして、フォトマスク１上における異常箇所を摘出する。

【０１１３】

次に、フォトマスク１を検査装置６の異常判別ステーション８に搬入する。ここでは、フォトマスク１の外観の観察を主な目的としている。まず、フォトマスク１を平面移動可能な検査ステージ８Ａ１　上に載置した後、その外観を検査部８Ａで観察する。

【０１１４】

検査部８Ａは、例えば高倍率の共焦点形レーザ顕微鏡を用いている。この光学系は解像度を第１にするので、共焦点形レーザ顕微鏡のレーザ波長はより短い方が良い。外観異常を検出するのに用いる検出光は、フォトマスク１の裏面側から照射する方式と、フォトマスク１の表面側から照射する方式との２種類の方式を併用することにより、異常内容の判定を容易に行うことが可能になっている。

【０１１５】

また、ここでは、外観観察を目的としているので、当該箇所に移動後、検査ステージ８Ａ１　を傾ける機能を追加することにより、異常内容をより容易に判定することが可能になっている。

【０１１６】

また、異常判別ステーション８では、視野および倍率を容易に可変できるようにすることで、上述した位相シフタパターンの一部の領域が高さ方向になだらかに変形する場合でも、その内容判別が可能になっている。

【０１１７】

このような異常判別工程においては、上記異常摘出工程で差異の発生した箇所について、その位置座標データに従って、フォトマスク１の外観を観察し、上記異常摘出箇所の異常内容を遮光パターンの欠け、遮光パターンの残留物による欠陥、位相シフタパターンの欠け、位相シフタパターンの残留物による欠陥、付着異物、遮光パターンと位相シフタとの寸法、重ね合わせ誤差の他に、位相差誤差等に分類して、第１次の良否判別を行う。

【０１１８】

ここで、上記の判別に際して、異常摘出ステーション７で単純分類した結果をもとに、例えば所定寸法以下の異常については、マスクの品質レベル等にも応じて異常判別ステーション８にデータを転送しないようにする。すなわち、異常として取り上げないことで、その領域を観察しないようにしても良い。これにより、異常判別ステーション８での検査効率を向上させることが可能となっている。

【０１１９】

次に、フォトマスク１を位相差測定ステーション９に搬入する。ここでは、フォトマスク１を透過する光の位相差を測定することで、第２の良否判定を行う。なお、ここでは、位相差誤差箇所の他、位相シフタパターンの修正途中または修正後の位相差を測定することができる。

【０１２０】

まず、フォトマスク１を平面移動可能な検査ステージ９Ａ１　上に載置する。ここで、フォトマスク１に照射する光は、露光に用いる光の波長と同じにする。例えばｉ線（波長３６５ｎｍ）の露光用のフォトマスク１ならば、高圧水銀ランプ等から放射された光をフィルタを介することで、ｉ線の単色光にした状態で位相差測定に使用する。

【０１２１】

次に、本実施例１のフォトマスク１の異常摘出方法の一例を図１０によって説明する。

【０１２２】

まず、フォトマスク１の異常摘出検査の際に、フォトマスク１の裏面から検査光ビームを照射し、フォトマスク１の透過光をセンサ７Ａ８　によって検出する。

【０１２３】

この際、本実施例１にいては、検査光ビームを、正常な遮光パターンのエッジ部と、正常

な位相シフタパターンのエッジ部との各々に照射し、それぞれの透過光のイメージデータを作成する。

【０１２４】

続いて、そのイメージデータと、その各々の領域に対応した光透過領域を決める遮光パターンデータおよび透過光の位相差を生じさせる領域を決める位相シフタパターンデータとをそれぞれ比較する。すなわち、遮光パターンデータおよび位相シフタパターンデータ内の一領域のウィンドを開いてその領域内のパターンデータを、上記イメージデータと比較する。なお、ここで、位相シフタパターンデータに関してはウィンド内からさらにシフタエッジのデータを抽出する。

【０１２５】

そして、その比較値に基づいて、その設計データから作成されたデータ上の遮光パターンおよび位相シフタパターンが、実際に測定して得られたパターンと一致するように、設計データ上の遮光パターンデータおよび位相シフタパターンデータにおける遮光パターンの幅のバイアス値と、位相シフタパターンの境界領域の幅のバイアス値とを変更する。

【０１２６】

その後、フォトマスク１において、上述の正常な遮光パターンおよび位相シフタパターンの形成された領域以外についても、遮光パターンデータとシフタパターンデータとを上記変更後のバイアス値でビットマップパターンに変換する。そして、その変換された遮光パターンデータと位相シフタパターンデータとを合成したビットマップを作成する。

【０１２７】

このようにして得られたビットマップをもとに、そのビットマップとフォトマスク１の他の領域とを比較照合することにより、フォトマスク１上の異常箇所を摘出する。このような方法により、位相シフタパターン並びに遮光パターンが混在したマスクの外観検査が可能となる。

【０１２８】

次に、本実施例１のフォトマスク１の異常判別方法の一例を図１１によって説明する。ここでフォトマスク１の透光領域内に位相シフタパターンのエッジ部が存在する場合と、存在しない場合とで分けて説明する。

【０１２９】

第１に位相シフタパターンのエッジ部が透光領域内に存在する場合は、例えば以下のようにする。

【０１３０】

まず、フォトマスク１上に透光領域を形成するＬＳＩの設計データ上のパターンデータに対して、透光領域内に位相シフタパターンのエッジ部が存在するか否か検査する（図１１の工程１０１）。

【０１３１】

続いて、その透光領域内に位相シフタパターンのエッジ部が存在する場合には、その透光領域を形成するパターンを、位相シフタパターンのエッジ部を境界領域として、最小アドレス単位だけ離して２つに分割したデータを作成する（工程１０２）。

【０１３２】

その後、このようにして作成されたパターンデータに対して、透光領域を形成する各パターンの間隔が所定の間隔以上であるか否かを判定する。この間隔は、充分な解像度を得るのに必要な間隔である（工程１０３，１０４）。

【０１３３】

この際、所定間隔以上であればそのパターンは正常であると判定する（工程１０５）。一方、所定間隔以下である場合は、位相シフタパターンのデータを参照することにより（工程１０６）、その間隔を隔てて配置されている透過領域のパターンのいずれか一方に位相シフタパターンが一致するように配置されるか、または位相シフタパターンが含まれるように配置されるかについてデータ上において検査する。このような検査をフォトマスク１の全領域で行う（工程１０７）。

【０１３４】
ここで、そのように位相シフタパターンが配置されない場合は、パターン不良であると判定する（工程１０８）。一方、そのように位相シフタパターンが配置される場合は、そのパターンは正常であると判定する（工程１０５）。
【０１３５】
第２にフォトマスク１の透光領域内に位相シフタパターンのエッジ部が存在しない場合は、例えば以下のようにする。なお、ここでも上記と同じ部分について図１１の一部を用いて説明する。
【０１３６】
まず、フォトマスク１上の透光領域を形成するパターンの隣接間隔を検査し（工程１０３）、その間隔が上記所定間隔以上であるか否かを判定する（工程１０４）。
【０１３７】
この際、その間隔が所定の間隔以上であればそのパターンは正常であると判定する（工程１０５）。一方、その間隔が所定間隔以下である場合は、位相シフタパターンのデータを参照し（工程１０６）、その間隔を隔てて配置されている透過領域のパターンのいずれか一方に位相シフタパターンが一致するように配置されるか、または位相シフタパターンが含まれるように配置されてるか、データ上において検査する（工程１０７）。
【０１３８】
ここで、位相シフタパターンが配置されない場合は、パターン不良であると判定し（工程１０８）、位相シフタパターンが配置される場合は、パターンは正常であると判定する（工程１０５）。
【０１３９】
次に、フォトマスク１を透過する光の位相差測定について説明する。
【０１４０】
図１２はフォトマスク１上に形成した位相シフタパターンを透過した光と、位相シフタパターンの無い領域を透過した光との位相差を高精度に測定するための光学装置の説明図である。
【０１４１】
位相シフタパターンとしては、上記したようにマスク基板上にＳＯＧ法等によって堆積したＳｉO_2　等からなる透明膜やマスク基板に溝を掘ることで形成された溝等がある。ここでは、例えばマスク基板に溝を掘ることで形成された位相シフタパターンを有するフォトマスク１の位相差測定について説明する。
【０１４２】
この光学検査装置１０は、光干渉法を用いている。例えば高圧水銀ランプ等のような光源１０ａから放射された光Ｌをフィルタ１０ｂおよびアパーチャ１０ｃを通してビームスプリッタ１０ｄに照射し、これを通じて投影露光用の光Ｌ１　と同一波長の光Ｌ２　とに分離する。
【０１４３】
その一方の光Ｌ１　を位相補正器１０ｅおよび反射鏡１０ｆを介して透明なフォトマスク１の露出した領域を透過させ、その透過光を光学レンズ１０ｇおよびハーフミラー１０ｈを介して検出器１０ｉに照射する。
【０１４４】
また、他方の光Ｌ２　をビームスプリッタ１０ｊを介してフォトマスク１とほぼ同一の厚さで屈折率が同一の合成石英ガラス等からなるリファレンス基板１Ｒを透過させ、その透過光を光学レンズ１０ｋおよびハーフミラー１０ｈを介して検出器１０ｉに照射する。
【０１４５】
この際、位相補正器１０ｅを調整することにより、フォトマスク１とリファレンス基板１Ｒとの各々の透過光を再度合成することにより、干渉させてフォトマスク１とリファレンス基板１Ｒとの間に位相差が生じないようにする。そして、検出器１０ｉにより合成光を検出してメモリ１０ｍに記憶する。なお、図１２において符号の１０Ａ１　は検査ステー

ジ、１０Ａ２　はステージ駆動機構、ＤＢ３　はデータバスである。これらは、図１の符号９Ａ１　，９Ａ２　，ＤＢ３　に対応するものである。

【０１４６】

図１３は、光学検査装置１０においてフォトマスク１における位相差の測定方式の原理を説明するための説明図である。図１３には、フォトマスク１を透過した光Ｌ１と、リファレンス基板１Ｒを透過した光Ｌ２とを再度合成した場合の干渉状況を示している。

【０１４７】

２つの光Ｌ１，Ｌ２は、共に波長はλであり、アライメント位置ＡＰの差分ｄだけ離れて合成され、スクリーン１１の上に干渉縞１２が形成される。この場合、スクリーン１１の上の光強度は、次のように定まる。すなわち、光Ｌ１の波数をＫ、位相をφ１とし、光Ｌ２の波数をＫ、位相をφ２とすると、光Ｌ１による電界強度は、ｕ１＝Ａｅｘｐ［－ｉ（Ｋｌ１　－φ１）］となり、光Ｌ２による電界強度は、ｕ２＝Ｂｅｘｐ［－ｉ（Ｋｌ２　－φ２）］となる。

【０１４８】

したがって、それらの合成光の強度Ｉ（ｘ）は、Ｉ（ｘ）＝［ｕ１＋ｕ２］^{2}　＝Ａ^2　＋Ｂ^2　＋２ＡＢｃｏｓ［Ｋｘｄ／１＋φ２－φ１）］となる。なお、この式において、ｌ１　－ｌ２　＝ｋｘｄ／ｌとしている。

【０１４９】

これにより、光路ｌの変化分をΔｌとし、位相差をΔφ＝φ２－φ１とすると、Δφ＝２πｄ／λΔｌとなり、光路の変化分Δｌを変化させると位相差Δφが変化する。これにより、フォトマスク１とリファレンス基板１Ｒとの相対値位相差を求めることができる。この光学検査装置１０の詳細な説明は、特願平２－２４７１００号に記載がある。

【０１５０】

本実施例１で使用している図１２の光学検査装置１０は、スクリーン１１の上に、例えばＣＣＤアレイセンサ等のようなイメージセンサからなる検出器１０ｉが設けられており、位相補正器１０ｅの位相を微小シフトさせ、フォトマスク１上において、近接した位相シフタパターンのある領域と無い領域とで、それらの差分を求めることで位相差を精度良く検出することができる。

【０１５１】

また、位相シフタパターンのある領域と無い領域とに対応した干渉光の強度変化を記憶部１０ｍに記憶することで、適用範囲を広げることができる。これにより、フォトマスク１の透過光とリファレンス用基板１Ｒの透過光であるリファレンス光との位相差を計測することができる。

【０１５２】

なお、位相シフト用の溝を形成する際の位相差データを求める方法およびエッチング終点検出等のエッチング条件を求める方法としては、前述の光干渉法の他に、レーザ干渉法、光学反射法、分光分析法または赤外吸収法等、種々の方法を適用することができる。

【０１５３】

以上のように、本実施例１によれば、フォトマスク１の１つの検査工程を複数の検査工程に分離することにより、透過光に位相差を生じさせる位相シフタパターンを有するフォトマスク１等のような微細パターンが形成されたフォトマスク１のパターン検査であっても、異常の摘出、その良否判定、特に、位相差誤差の有無を効率良く、しかも高い精度で行うことができる。

【０１５４】

次に、このようなフォトマスク１の製造方法を図１４の工程に沿って図１５～図２３によって説明する。本実施例１のフォトマスク１は、上記したように、例えば半導体集積回路装置を製造するためのフォトリソグラフィ工程において、所定の集積回路パターンを半導体ウエハ上に転写するのに用いられるものであり、例えば実寸の５倍の寸法の集積回路パターンの原画が形成されているレチクルとも称されているものである。

【０１５５】

まず、図１５に示すように、例えば屈折率が１．４７程度の透明な合成石英ガラス等からなるマスク基板２の主面全面に、例えばクロム（Ｃｒ）等からなる遮光膜４ａをスパッタリング法等によって堆積した後（工程２０１）、その上に感電子線形のレジスト膜１３ａをスピン塗布法等によって塗布する（工程２０２）。

【０１５６】

この際、使用される感電子線形のレジスト膜１３ａは、露光部分が現像液によって除去されるポジ形のレジスト膜が使用されており、露光面積の縮小を図っている。なお、レジスト膜としては、未露光部分が現像液により除去されるネガ形レジスト膜を使用することもできる。また、レジスト膜としては、微細加工が可能な感電子線レジスト膜の他に、紫外線等のような光に対して感光性を有するレジスト膜を使用することもできる。

【０１５７】

続いて、そのマスク基板２を電子線描画装置に搬入する。電子線描画装置では、電子ビームを、記憶部内のパターンデータに基づいて、所定形状に成形し、レジスト膜１３ａの所定の位置に照射する（工程２０３）。

【０１５８】

ここで用いるパターンデータは、集積回路パターンの個々の図形の寸法、形状および位置座標等のような種々のデータであり、マスク基板２上の透過領域または遮光領域に対応している。そして、通常、電子ビームの照射面積が少なくなるように、ポジ形レジストとネガ形レジストとを選択するようになっている。

【０１５９】

また、このような露光処理に際しては、上記のようなパターンの他に、図２に示した、位相シフタパターンを形成する際に用いる２つのアライメントマーク３ａ用のパターンをマスク基板２の周辺領域の対角に露光する。このパターンは、例えば１００μｍ程度のクロスマークを用いている。

【０１６０】

また、そのアライメントマーク３ａに加えて、マスク基板２と半導体ウエハとの位置合わせ用のアライメントマーク３ｂをマスク基板２の転写領域の周辺部に露光する。このマークは、縮小投影露光装置の種類に対応して指定されるものである。

【０１６１】

その後、現像処理を施す（工程２０４）。ここで、レジスト膜がポジ形の場合には、露光領域を除去し、レジスト膜がネガ形の場合には、未露光領域を除去する。例えばコンタクトホールのパターン形成に対してはポジ形レジストを用いることで、露光面積を小さくすることができる。

【０１６２】

次いで、現像処理後、マスク基板２上に残されたレジスト膜１３ａから露出する遮光膜４ａをエッチング除去することにより、図１６に示すように、マスク基板２上に遮光パターン４を形成する。このエッチング処理においては、例えば硝酸セリウム第二アンモニウム等の用いた湿式エッチング処理を行う（工程２０５）。

【０１６３】

続いて、マスク基板２上に残されたレジスト膜を除去し、マスク基板２を洗浄した後（工程２０６）、図１７に示すように、遮光膜パターン４の外観を検査する。すなわち、マスク基板２における透過光または反射光を検出することにより、遮光パターンの形成される正常なマスクパターンと同一形状のパターンとの比較または電子ビーム描画の基になるデータより生成したパターンデータとの比較により、マスク基板２の外観検査を行う。

【０１６４】

この外観検査によって、例えば透光領域内に遮光パターンの残留物または遮光膜パターン４の欠け等のような欠陥が発見された場合には、次のような欠陥修正を行う。

【０１６５】

まず、透光領域内に遮光パターン材料の残留物が発見された場合には、その残留物を、例えばレーザ照射等によって除去する。すなわち、レーザビームをその残留物に照射するこ

とで除去する。
【０１６６】
また、遮光パターン４が欠けている場合には、例えば遮光パターン４の欠如領域に有機ガスを供給した状態で、その欠如領域に集束イオンビームを照射することにより、その欠如領域にカーボン等からなる遮光膜を形成する。このようにして、実効的に無欠陥の遮光パターン４を有するマスクパターンを形成する。
【０１６７】
その後、そのマスク基板２の厚さを、例えば図１２に示した光学検査装置１０によって測定し記憶する。この際のデータは、位相シフタパターン用の溝を形成する際にエッチング終点等のようなエッチング条件を規定するためのデータとして使用する。
【０１６８】
この場合、位相シフタパターン用の溝を形成するためのエッチング工程の前のマスク基板２に関して、リファレンス基板１Ｒ（図１２参照）を基準とし、位相補正器１０ｅ（図１２参照）を調整して透過光の位相差が生じないようにする。
【０１６９】
次いで、図１８に示すように、遮光パターン４が形成されたマスク基板２上に、エッチングマスク用のレジスト膜１３ｂをスピン塗布法等によって塗布する（工程２０７）。このレジスト膜１３ｂは、例えばポジ形の化学増幅系の感電子線レジスト膜を使用している。その結果、微細加工が可能である。なお、レジスト膜１３ｂとしては、上記したレジスト膜１３ａと同様に種々のレジスト膜を適用できる。
【０１７０】
続いて、レジスト膜１３ｂ上に反射防止膜としての導電性ポリマー膜１４を塗布した後、電子線描画装置を用いてレジスト膜１３ｂの所定位置に電子線を照射する。すなわち、電子線描画装置では、マスク基板２上のマスク位置合わせ用のアライメントマーク３ａのパターンを検出してマスク基板２上に形成した遮光パターン４の座標系とレジスト膜１３ｂに形成するパターンを有するマスクとを位置合わせしてマスクの所定のパターンを用いてレジスト膜１３ｂにおける所定位置に電子ビームを照射する（工程２０８）。
【０１７１】
ここで、電子線を照射するマスクパターンは、マスク基板２に形成する位相シフタパターンの形成領域（φ＝π領域）と対応するものである。電子線描画装置の描画精度に関しては、パターンの重ね合わせとして、例えば０．１μｍ以下にすることができるので、この方式により、縮小率が１／５の露光装置用のフォトマスク１（レチクル）の製造に高い加工精度を確保した状態で適用できる。
【０１７２】
その後、図１９に示すように、現像処理を施し（工程２０９）、レジスト膜１３ｂのパターンを形成した後、そのレジスト膜１３ｂおよびその下部に配置されている遮光パターン４をエッチング用マスクとして、図２０に示すように、マスク基板２を後述する条件を満たすように第１のエッチング処理を施し、ある程度の深さの位相シフタパターン用の溝５ｂ１　を形成する（工程２１０）。
【０１７３】
この場合、後述する第２のエッチングを行った後の最終的な位相シフタパターン用の溝の厚さ、すなわち、目標とする位相シフタパターン用の溝の深さをＤとすると深さは、露光用の光の波長λ、マスク基板の材料の屈折率をｎとして、Ｄ＝λ／２（ｎ－１）の関係を満たすように設定する。
【０１７４】
この関係を満たす位相シフタパターン用の溝を最終的に形成することにより、エッチングしていない、マスク基板２の領域を基準として位相シフタパターン用の溝の領域での露光用の透過光は実効的に逆位相となり、光の位相をシフトさせる条件を満たすものとなる。
【０１７５】
上記の関係を満たすように、精度良く第１のエッチング処理を行う。すなわち、例えばプ

ラズマエッチングを用いて、レジスト膜１３ｂおよび遮光パターン４をエッチング用マスクとして、マスク基板２の露出領域を、エッチング処理時の処理時間を所定の深さをエッチングするのに必要なエッチング時間の９０％程度の時間に設定してエッチング処理を施すことにより除去する。これにより、位相シフタパターン用の溝５ｂ（図４参照）の深さの９０％程度の深さを有する溝５ｂ１　を形成することができる。

【０１７６】

プラズマエッチング処理は、微細加工が可能なエッチング技術であり、例えば平行平板形のプラズマエッチング装置が使用されている。エッチングガスとしては、例えば四フッ化炭素（CF_4　）またはトリフルオロメタン（CF_3　）等のような反応ガスが使用される。なお、第１のエッチング処理は、プラズマエッチング処理の他に、微細加工が可能な種々のドライエッチング処理を使用することができる。このようにプラズチマエッチング処理によって第１のエッチング処理を行うことにより、微細で、かつ、深い位相シフタパターン用の溝５ｂ１　を短い時間で形成することが可能となっている。

【０１７７】

ところで、プラズマエッチングの再現性は、目標とする位相差誤差に対して充分でない。そこで、本実施例においては、位相シフタパターン用の溝をマスク基板に掘る際、所定深さの略９０％程度が掘られるようにプラズマエッチング処理時間を設定することで溝５ｂ１　を形成した後、図２１に示すように、フォトマスク１を透過する光の位相差を光学的に測定し、それによって測定された位相差と、良好な溝の場合に得られる位相差との誤差から再度溝を掘る量を求める。

【０１７８】

ここでは、例えば位相シフタパターン用の溝５ｂ１　の深さを、図１２に示した光学検査装置１０を用いて測定する（工程２１１）。すなわち、例えば前記したのと同様に、リファレンス基板１Ｒを基準として、マスク基板２における位相シフタパターン用の溝５ｂ１　との位相差を検出することにより、透過光の位相差を半波長シフトさせるための残りのエッチング深さを求める。

【０１７９】

ここでは、位相補正器１０ｅの位相の微小シフト量と、それに対応した合成光の強度変化に関して、上記のメモリ値を基準として、実質的なマスク基板２のエッチング量、すなわち、位相シフタパターン用の溝５ｂ（図４参照）として機能させるようにするためのエッチング量を求めることができる。これにより、位相シフタパターン用の溝５ｂ（図４参照）を形成する第２のエッチングの際の残りのエッチング深さを求めることができる。

【０１８０】

ただし、この位相差測定方法は、リファレンス基板を用いる方法に限定されるものではなく、種々変更可能であり、例えば被測定用のフォトマスク１におけるエッチング領域と未エッチング領域とで透過光の位相差を測定しても良い。

【０１８１】

すなわち、まず、プラズマエッチング処理に先立ってマスク基板２の一部にマスクを形成しておく。その後の位相差測定時に際して、そのマスクを外す。そして、そのマスクを除去することで得られた未エッチング領域と、溝５ｂ１　を形成した領域との双方に検査光を照射し、その各々の透過光の位相差を測定する。

【０１８２】

いずれにしても、上記のエッチング後に位相差測定によって目標とするエッチング深さに対する誤差を求める。

【０１８３】

続いて、図２２に示すように、マスク基板２に対して第２のエッチングを施す（工程２１２）。この際には、溝５ｂの深さが所定の深さになるように時間設定した状態で、例えばウエットエッチング処理を施す。この際のエッチング液は、例えばフッ化水素（ＨＦ）水溶液を用いる。また、この際のエッチング量は、溝５ｂ１　の表面が、例えば１００Å程度除去される量である。

【０１８４】
このように本実施例１においては、プラズマエッチング処理により形成した位相シフタ用の溝５ｂ１　の表面をウエットエッチング処理によって除去することにより、溝５ｂ１　内の表面を滑らかにするとともに、マスク基板２の表面に付着する微小異物を除去し低減させることができる。
【０１８５】
ここで、上述した第１のエッチングをドライエッチングとした場合、深く、かつ、微細な位相シフタパターン用の溝５ｂ１　を短時間で形成できるという効果があるが、位相シフタパターン用の溝５ｂ１　の底面に微細な凹凸が形成されてしまい、位相シフタパターン用の溝５ｂとして不都合が発生する問題がある。これは、従来の溝形の位相シフタパターンを有するフォトマスクを製造する場合に避けることができない問題であった。
【０１８６】
しかし、本実施例１では、第２のエッチングをウエットエッチング処理とすることにより、位相シフタパターン用の溝５ｂ１　の底面に形成されている微細な凹凸を除去して滑らかにすることができる。
【０１８７】
このように、本実施例１においては、位相シフタパターン用の溝の形成に際して、ドライエッチングとウエットエッチングとのメリットを組み合わせて活用していることにより、表面が滑らかな微細な位相シフタ用の溝５ｂを短時間で簡単に形成することができる。このため、フォトマスク１間の製造バラツキを実質的に小さくすることができ、マスク透過光の位相差を所望値に設定することができる。
【０１８８】
また、図２２に示すように、第２のエッチング処理後は、位相シフタパターン用の溝５ｂの表面部に遮光パターン４の突出部がオーバーハング状態で形成されている。これは、第２のエッチング工程では、ウエットエッチング処理を行っているので、位相シフタパターン用の溝５ｂの全表面が等方的にエッチングされ、遮光パターン４の下方のマスク基板部も除去されることにより形成されるものである。
【０１８９】
この遮光パターン４の突出部の長さは、露光用の光の波長をλとすると、λ／５以下の長さにすることにより、このフォトマスク１を使用して行う投影露光の際において位相シフタパターン用の溝５ｂの側面において散乱した露光用の光が、例えば半導体ウエハ等の表面に転写されるのを防止できる。なお、上述した位相シフタパターン用の溝５ｂ１　を形成する際に位相シフタパターン用の溝５ｂ１　の深さを所定深さの９０％程度としたが、これは、遮光パターン４の突出部の長さをλ／５以下の長さにするという条件に基づいて規定されている。
【０１９０】
その後、不要となった導電性ポリマー膜１４およびレジスト膜１３ｂを除去し、マスク基板２を洗浄した後（工程２１３）、図２３に示すように、フォトマスク１上のパターン形成を終了する。
【０１９１】
その後、上記したフォトマスク１の検査方法によって位相シフタパターン用の溝５ｂからなる位相シフタパターン等の外観検査を行い（工程２１４）、必要に応じてパターンを修正することによりフォトマスク１を完成させる。
【０１９２】
次に、本実施例１のフォトマスク１を用いた露光方法で使用する縮小投影露光装置の例を図２４によって説明する。
【０１９３】
本実施例１の縮小投影露光装置１５のコヒーレンシは、例えば０．３であり、投影光学レンズの開口特性ＮＡは、例えば０．５、縮小投影露光の縮小率Ｍは、例えば１／５である。

【０１９４】
縮小投影露光装置１５の光学系は、露光光源１５ａと、試料ステージ１５ｂとを結ぶ露光上に配置されており、ミラー１５ｃ１　，１５ｃ２　、シャッタ１５ｄ、フライアイレンズ１５ｅ、コンデンサレンズ１５ｆおよび縮小投影光学レンズ系１５ｇを有している。
【０１９５】
上記フォトマスク１は、縮小投影露光装置１５のコンデンサレンズ１５ｆと縮小投影光学レンズ系１５ｇとの間に、そのフォトマスク１の位置と半導体ウエハＷの位置とがアライメント光学系１５ｈによって位置合わせされた状態で載置されている。とを有している。
【０１９６】
露光光源１５ａは、例えばｉ線等のような光Ｌを放射する高圧水銀ランプである。露光光源１５ａから放射された光ＬＰ　は、ミラー１５ｃ１　，１５ｃ２　、コンデンサレンズ１５ｆ、フォトマスク１および縮小投影光学レンズ１５ｇを介して試料ステージ１５ｂ上の半導体ウエハＷの主面に照射されるようになっている。半導体ウエハＷは、例えばシリコン（Ｓｉ）単結晶からなり、その主面上には、感光性のフォトレジスト膜がスピン塗布法等によって塗布されている。
【０１９７】
この露光方式としては、例えばステップ＆スキャン露光方式を採用しても良い。ステップ＆スキャン露光方式は、縮小投影露光の一種であるが、同一の縮小投影レンズを用いて有効となる露光領域を得ることを目的としている。
【０１９８】
図２４において、フォトマスク１と半導体ウエハＷとをそれぞれレーザ干渉により高い精度で位置座標の測定を行いながら同期させて共に動かしつつ、フォトマスク１面に、例えばエキシマレーザ光等を照射することにより、フォトマスク１上の露光領域を走査する。これに対応して、半導体ウエハＷ上のフォトレジスト膜面にフォトマスク１上のパターンが縮小投影される。
【０１９９】
すなわち、縮小投影レンズの直径に対応して露光するので、実効的に露光チップサイズが$2^{1/2}$　倍になる。しかし、この方法を採用する場合は、露光スループットが低下するので、その対策として、縮小率を×５～×４にする方式が採用されれている。光源としては、例えばＫｒＦエキシマレーザ（波長２４８ｎｍ）が採用されている。
【０２００】
このステップ＆スキャン露光に対応するためには、従来の×５縮小投影方式よりも、さらに微細なパターン欠陥を摘出する必要があるが、本実施例１の検査方法によってその欠陥摘出および判別も容易となる。
【０２０１】
次に、本実施例の露光方法を説明する。なお、本実施例においては、例えば配線パターン、ゲート電極パターンおよび具体的な半導体集積回路装置のプロセス中での露光方法を説明する。
【０２０２】
まず、配線パターンの露光方法を図２５～図２７によって説明する。図２５に示すように、被露光用の半導体ウエハＷの半導体基板１６上には、例えばSiO_2　からなる絶縁膜１７がＣＶＤ法等によって形成されており、その上には、例えばアルミニウム等からなる金属膜１８がスパッタリング法や蒸着法等によって形成されている。
【０２０３】
まず、このような半導体ウエハＷの金属膜１８上に、例えば厚さ０．６μｍ程度のネガ形のフォトレジスト膜１９ａをスピン塗布法等によって堆積した後、その半導体ウエハＷに対してベーク処理を施す。
【０２０４】
続いて、フォトマスク１および半導体ウエハＷを、縮小投影露光装置１５（図２４参照）の所定位置に配置した後、露光光源１５ａから露光用の光ＬＰ　を放射する。この放射さ

れた光ＬＰ　は、フォトマスク１を介して半導体ウエハWのフォトレジスト膜１９ａに照射される。

【０２０５】

その後、半導体ウエハWを縮小投影露光装置１５から取り出した後、その半導体ウエハWに対してベーク処理を施す。

【０２０６】

次いで、半導体ウエハW上のフォトレジスト膜１９ａに対して現像処理を施すことにより、図２６に示すように、フォトレジスト膜１９ａのパターンを形成する。このフォトレジスト膜１９ａのパターンは、配線パターンを形成するためのパターンであり、図２６の紙面に垂直な方向に延在している。

【０２０７】

続いて、そのフォトレジスト膜１９ａのパターンをエッチングマスクとして、半導体ウエハWに対してエッチング処理を施すことにより、フォトレジスト膜１９ａのパターンから露出する金属膜１８部分をエッチング除去することにより、図２７に示すように、半導体ウエハW上に残された金属膜からなる配線パターン１８ａを形成する。

【０２０８】

次に、ゲート電極パターンの形成方法を図２８～図３３によって説明する。

【０２０９】

まず、半導体基板上のゲート絶縁膜上に、例えば多結晶シリコンからなるゲート形成膜をＣＶＤ法またはスパッタリング法等によって堆積した後、そのゲート形成膜上に、例えばポジ形のフォトレジスト膜をスピン塗布法等によって塗布する。

【０２１０】

続いて、フォトマスク１および半導体ウエハWを、縮小投影露光装置１５（図２４参照）に装着した後、半導体ウエハWに対して上述してように露光処理を施す。この際、図２８および図２９に示すフォトマスク１を続けて露光する。

【０２１１】

図２８および図３０に示すフォトマスク１は、遮光パターン４に矩形状に開口された透光領域Ｃに位相シフタパターン５のエッジ部が存在する場合を示している。なお、図３０は図２８のＸ１　－Ｘ１　線の断面図である。

【０２１２】

また、図２９および図３１に示すのは、マスク基板２上に矩形状の孤立した遮光パターン４が配置されている場合を示している。遮光パターン４の大きさは、図２８の透光領域Ｃの大きさにほぼ等しい。なお、図３１は図２９のＸ２　－Ｘ２　線の断面図である。

【０２１３】

その後、半導体ウエハWを縮小投影露光装置１５（図２４参照）から取り出し、ベーク処理を施した後、現像処理を施すことにより、図３２に示すような微細な幅のフォトレジスト膜１９ｂのパターンを形成することができる。なお、符号の２０は、上記したゲート絶縁膜である。

【０２１４】

その後、そのフォトレジスト膜１９ｂパターンをマスクとして、そのフォトレジスト膜１９ｂのパターンから露出するゲート形成膜２１部分をエッチング除去することにより、図３３に示すように、ゲート電極２１ａを形成する。このゲート電極２１ａのチャネル方向側の寸法は、例えば０．２８μｍ程度である。

【０２１５】

次に、本発明を、例えばツイン・ウエル方式のＣＭＯＳ－ＳＲＡＭの製造工程に適用した場合を図３４～図４１によって説明する。

【０２１６】

図３４はその製造工程中における半導体基板１６の要部断面図である。半導体基板１６は、例えばｎ$^{-}$　形のシリコン（Ｓｉ）単結晶からなり、その上部には、例えばｎウエル２２ｎおよびｐウエル２２ｐが形成されている。ｎウエル２２ｎには、例えばｎ形不純物の

リンまたはＡｓが導入されている。また、ｐウエル２２ｐには、例えばｐ形不純物のホウ素が導入されている。

【０２１７】

続いて、図３５に示すように、このような半導体基板１６の主面上に、例えばSiO_2からなるフィールド絶縁膜２３をＬＯＣＯＳ（Ｌｏｃａｌ　Ｏｘｉｄｉｚａｔｉｏｎ　ｏｆ　Ｓｉｌｉｃｏｎ）法等によって形成した後、そのフィールド絶縁膜２３に囲まれた素子形成領域に、例えばSiO_2からなるゲート絶縁膜２０を熱酸化法等によって形成する。

【０２１８】

続いて、その半導体基板１６上に、例えば低抵抗ポリシリコンからなるゲート形成膜をＣＶＤ法等によって堆積した後、その膜をフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術によってパターニングすることにより、ゲート電極２１ａを形成する。

【０２１９】

その後、ｎチャネル形のＭＯＳ・ＦＥＴ形成領域に、例えばｎ形不純物のリンまたはＡｓをイオン注入法等によって導入する。この際、ゲート電極２１ａをマスクとして自己整合的にｎ形不純物を半導体基板１６に導入する。

【０２２０】

続いて、ｐチャネル形のＭＯＳ・ＦＥＴ形成領域に、例えばｐ形不純物のホウ素をイオン注入法等によって導入する。この際、ゲート電極２１ａをマスクとして自己整合的にｐ形不純物を半導体基板１６に導入する。

【０２２１】

その後、半導体基板１６に対して熱処理を施すことにより、ｎチャネル形のＭＯＳ・ＦＥＴのソース領域およびドレイン領域を構成するｎ形の半導体領域２４を形成するとともに、ｐチャネル形のＭＯＳ・ＦＥＴのソース領域およびドレイン領域を構成するｐ形の半導体領域２５を形成する。

【０２２２】

次いで、図３６に示すように、半導体基板１６上に、例えばSiO_2からなる層間絶縁膜２６をＣＶＤ法等によって堆積した後、その上面にポリシリコン膜をＣＶＤ法等によって堆積する。

【０２２３】

続いて、そのポリシリコン膜をフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術によってパターニングした後、そのパターニングされたポリシリコン膜の所定領域に不純物を導入することにより、ポリシリコン膜からなる配線２７Ｌおよび抵抗２７Ｒを形成する。

【０２２４】

その後、図３７に示すように、半導体基板１６上に、例えばSiO_2からなる絶縁膜２８をＳＯＧ（Ｓｐｉｎ　Ｏｎ　Ｇｌａｓｓ）法等によって堆積した後、その絶縁膜２８に半導体領域２４，２５および配線２７Ｌの一部が露出するような接続孔２９ａをフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術によって穿孔する。

【０２２５】

次いで、半導体基板１６上に、例えばＡｌ等からなる金属膜をスパッタリング法等によって堆積した後、その金属膜をフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術によってパターニングすることにより、図３８に示すように、第１層配線３０を形成する。

【０２２６】

続いて、図３９に示すように、半導体基板１６上に、例えばSiO_2からなる層間絶縁膜３１をＣＶＤ法等によって堆積した後、その一部に第１層配線３０の一部が露出するような接続孔２９ｂを穿孔する。

【０２２７】

その後、半導体基板１６上に、例えばＡｌ等からなる金属膜をスパッタリング法等によって堆積した後、その金属膜をフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術によってパターニングすることにより、第２層配線３２を形成する。その後、図４０に示すように、半

導体基板１６上に、例えばSiO_2　からなる表面保護膜３３をＣＶＤ法等によって堆積する。

【０２２８】

図４１は上記ＳＲＡＭの製造プロセスにおけるフォトリソグラフィ工程、すなわち、露光工程を抽出し、フロー化した露光プロセス・フロー図である。

【０２２９】

同図において、ｎウエル・フォト工程Ｐ１は、半導体基板上に窒化シリコンからなる絶縁膜を堆積した後、その絶縁膜上にｎウエル形成領域以外の領域が被覆されるようなフォトレジストパターンを形成する工程である。

【０２３０】

フィールド・フォト工程Ｐ２は、半導体基板上に窒化シリコンからなる絶縁膜を堆積した後、その絶縁膜上に素子形成領域のみが被覆されるようなフォトレジストパターンを形成する工程である。

【０２３１】

ｐウエル・フォト工程Ｐ３は、ｐウエルのチャネルストッパ領域を形成するために、ｎウエル上を被覆するフォトレジストパターンを形成する工程である。

【０２３２】

ゲート・フォト工程Ｐ４は、半導体基板上にポリシリコンからなる導体膜を堆積した後、その導体膜上にゲート電極形成領域が被覆されるようなフォトレジストパターンを形成する工程である。

【０２３３】

ｎチャネル・フォト工程Ｐ５は、ｎチャネル側にゲート電極をマスクとしてｎ形不純物をイオン注入するために、ｐチャネル側を被覆するようなフォトレジストパターンを形成する工程である。

【０２３４】

ｐチャネル・フォト工程Ｐ６は、逆に、Ｐチャネル側にゲート電極をマスクとしてｐ形不純物をイオン注入するために、ｎチャネル側を被覆するようなフォトレジストパターンを形成する工程である。

【０２３５】

多結晶シリコン・フォト工程Ｐ７は、配線または抵抗となる第２層多結晶シリコン膜をパターニングするために、半導体基板上に堆積された多結晶シリコン膜上に配線および抵抗領域を被覆するようなフォトレジストパターンを形成する工程である。

【０２３６】

Ｒ・フォト工程Ｐ８は、抵抗上にフォトレジストパターンを形成した状態で、その他の領域に不純物を導入する際のマスクとなるフォトレジストパターンをネガ・プロセスによってパターニングする工程である。

【０２３７】

コンタクト・フォト工程Ｐ９は、接続孔を形成するためのフォトレジストパターンをポジ・プロセスで形成する工程である。Ａｌ－１・フォト工程Ｐ１０は、第１層配線をパターニングする工程である。スルーホール・フォト工程Ｐ１１は、第１層配線と第２層配線とを接続する接続孔を開口するためのフォトレジストパターンを形成する工程である。

【０２３８】

Ａｌ－２・フォト工程Ｐ１２は、第２層配線をパターニングするための工程である。ボンディングパッド・フォト工程Ｐ１３は、表面保護膜にボンディングパッドに対応する１００μｍ程度の開口を形成するための工程であり、表面保護膜上にボンディングパッド形成領域以外を被覆するフォトレジストパターンを形成する工程である。

【０２３９】

これらの露光プロセスのうち、ｎウエル・フォト工程Ｐ１、ｎチャネル・フォト工程Ｐ５、ｐチャネル・フォト工程Ｐ６およびボンディングパッド・フォト工程Ｐ１３は、最小寸法が比較的大きいので、一般に、位相シフトマスクを用いる必要がないが、その他のフォ

ト工程では、本発明の位相シフトマスクを露光に際して用いる。
【０２４０】
特に、ゲート・フォト工程Ｐ４では、化学増幅系のネガ形フォトレジストを用いてゲート電極を形成し、コンタクト・フォト工程Ｐ９では、化学増幅系のポジ形フォトレジストを用いて接続孔を形成する。これにより、ゲート電極のゲート長および接続孔の開口径を、光露光方式で用いる露光光の波長以下（例えば０．３μｍ程度）に微細にすることができる。
【０２４１】
このように、本実施例１によれば、以下の効果を得ることが可能となる。
【０２４２】
（１）．本実施例１によれば、フォトマスク１の検査工程を分けることにより、複数枚のフォトマスク１を検査する場合に、例えば任意のフォトマスク１は異常摘出工程、異常摘出工程の終了した他のフォトマスク１は第１の良否判定工程、さらに異常摘出工程の終了した他のフォトマスク１は第２の良否判定工程というように分けて検査を行うことができる。すなわち、フォトマスク１の検査が１つの検査工程で滞るのを防止することができるので、複数枚のフォトマスク１の検査を効率良く実行することが可能となる。したがって、微細なパターンを転写可能な信頼性の高いフォトマスク１の製造時間を大幅に短縮することが可能となる。
【０２４３】
（２）．フォトマスク１の検査工程を分けることにより、個々の検査に適した検査光学系等を設置することができるので、各検査工程での検査精度を大幅に向上させることが可能となる。
【０２４４】
（３）．上記（２）　により、微細なパターンを転写可能な信頼性の高いフォトマスク１を提供することができる。したがって、このフォトマスク１を用いて半導体集積回路装置を製造することにより、露光処理におけるパターン転写不良を低減することができるので、半導体集積回路装置の歩留りおよび信頼性を向上させることが可能となる。
【０２４５】
（４）．各検査工程に分けることにより、個々の検査工程毎にデータを分割することができるので、検査装置におけるデータの負荷を軽くことができる。このため、データ処理速度を向上させることができ、検査効率を向上させることが可能となる。
【０２４６】
（５）．各検査工程に分けることにより、不要な検査を無くすことができる。例えば異常摘出工程において、その後の検査が不要と判定された場合あるいはその後の検査が不要とされた領域が発見された場合には、その情報を第１の良否判定工程や第２の良否判定工程に伝送することにより、フォトマスク１の全領域での第１の良否判定工程および第２の良否判定工程やフォトマスク１の一部の領域での第１の良否判定工程および第２の良否判定工程を削減することができる。したがって、検査効率を向上させることが可能となる。
【０２４７】
（６）．本発明のフォトマスク１の製造方法によれば、位相シフタパターン５のエッジ部が配置されるような所定の透光領域を有するマスク基板２を検査する際に、その透光領域を分割したパターンのデータを作成し、その一方の分割領域に位相シフタパターン５が存在するか否かを検査することにより、パターン間隔が露光可能な間隔以下であることに起因して不良と判定してしまうような誤検査を防止することができるので、位相シフタパターン５のエッジ部が配置される透光領域についても不良と判定せずに、位相シフタパターン５を有するフォトマスク１の検査を実行することが可能となる。したがって、検査効率を向上させることが可能となる。
【０２４８】
（７）．本発明のフォトマスク１の製造方法によれば、フォトマスク１の検査に際して、位相シフタパターン５のエッジ部が配置される透光領域において、位相シフタパターン５

を透過した光と位相シフタパターン５の無い透光領域を透過した光との境界領域におけるパターンの幅を実際に測定し、これに基づいて判定用のパターンのデータを作成することにより、その幅が製品毎に異なることに起因して不良と判定してしまうような誤検査を防止することができるので、位相シフタパターン５のエッジ部が配置される透光領域についても不良と判定せずに、位相シフタパターン５を有するフォトマスク１の検査を実行することが可能となる。したがって、検査効率を向上させることが可能となる。

【０２４９】

（実施例２）

図４２は本発明の他の実施例であるフォトマスクの製造方法で用いる集束イオンビーム装置の説明図である。

【０２５０】

本実施例２においては、フォトマスク１に溝形の位相シフタパターンを形成する際の変形例を説明する。

【０２５１】

本実施例２で用いる集束イオンビーム装置の例を図４２に示す。集束イオンビーム装置３４のイオン源３４ａから放射されたイオンビームは、ブランキング電極３４ｂ、偏向電極３４ｃにより制御されてフォトマスク１に照射される。例えば０．１μｍ程度のビーム径に絞って所定の加工領域に照射する。フォトマスク１は、保持器３４ｄに保持され、試料台３４ｅに保持される。試料台３４ｅは、傍部に設けられたレーザミラー３４ｆを介してレーザ干渉測長器３４ｇによって、その位置座標認識が行われ、その位置合わせが行われる。これに、磁気テープ３４ｈ等のデータ入力装置により、加工すべき位置のデータを入力する。上記の装置は、イオンビーム照射部にガスが添加されるようにガスノズル３４ｉが設けられている。ガスノズル３４ｉは、開閉バルブを介してガスボンベ３４ｊに接続されている。これによって、加工前にガス添加してイオンビーム加工が可能となる。

【０２５２】

また、例えば塗布形ガラス膜（ＳＯＧ）を位相シフタに用いた場合、このシフタが余分な領域まで加工残りがある箇所の除去に対し、前記のガス添加の集束イオンビームを用いることで、ガラス基板とのエッチング選択比を向上させることができる。

【０２５３】

次に、本実施例２のフォトマスク１の製造方法を説明する。なお、ここでの説明では、前記実施例１で用いた図２０～図２２を用いて説明する。

【０２５４】

まず図２０に示すように、マスク基板２の透光領域の所定位置に集束イオンビームを照射することにより、マスク基板２の一部をスパッタ除去し、マスク基板２に所定深さの略９０％程度の溝５ｂ１　をイオンビーム照射時間または走査回数を設定することで形成する。

【０２５５】

この集束イオンビームによる加工技術については、例えば特願平２－２４７１００号の明細書に記載してある。ただし、イオンビーム照射前に、フォトマスク１の表面にエッチングを促進させるガスを添加することで、加工速度を向上させることが可能である。

【０２５６】

次に、図２１に示すように、上記と同様に、実施例１の方法を用い、照射領域と、未照射領域とに関して、光学的に位相差を測定して、所定の位相差との誤差を求める。

【０２５７】

続いて、再度上記領域に集束イオンビームを照射する。照射量は、上記にて求めた所定の位相差との誤差にて決められるものである。今回は、例えばキセノンフロライドガス等を添加しながら、イオンビームを照射することで、最初のイオンビーム照射の場合よりもダメージが小さくなるようにした状態とする。これにより、図２２に示すように、マスク基板２に所定の深さの溝５ｂを形成することができる。この方式によって、本来、位相シフタパーン用の溝５ｂを高精度に補正することができる。以降は、前記実施例１と同様であ

る。
【０２５８】
本実施例２においても前記実施例１と同様の効果を得ることが可能となる。
【０２５９】
以上、本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例１，２に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。
【０２６０】
例えば前記実施例においては、Ｓｉ単結晶からなる半導体ウエハ上に所定の半導体集積回路パターンを転写する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えばＧａＡｓ等のような化合物半導体からなる半導体ウエハ上に予定の半導体集積回路パターンを転写する場合にも本発明を適用できる。
【０２６１】
以上の説明では主として本発明者によってなされた発明をその背景となった利用分野であるＳＲＡＭの製造方法に用いるフォトマスクに適用した場合について説明したが、これに限定されず種々適用可能であり、例えばＤＲＡＭ（Ｄｙｎａｍｉｃ　ＲＡＭ　）やマイクロプロセッサ等のような他の半導体集積回路装置の露光方法に用いるフォトマスクに適用することも可能である。
【０２６２】
【発明の効果】
本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下のとおりである。
【０２６３】
（１）．本発明のフォトマスクの製造方法によれば、各検査工程に分けることにより、複数枚のフォトマスクを検査する場合に、例えば任意のフォトマスクは異常摘出工程、異常摘出工程の終了した他のフォトマスクは第１の良否判定工程、さらに異常摘出工程の終了した他のフォトマスクは第２の良否判定工程というように分けて検査を行うことができ、フォトマスクの検査が１つの検査工程で滞るのを防止することができるので、複数枚のフォトマスクの検査を効率良く実行することが可能となる。したがって、微細なパターンを転写可能な信頼性の高いフォトマスクの製造時間を大幅に短縮することが可能となる。
【０２６４】
（２）．各検査工程に分けることにより、個々の検査に適した検査光学系等を設置することができるので、各検査工程での検査精度を大幅に向上させることが可能となる。
【０２６５】
（３）．上記（２）　により、微細なパターンを転写可能な信頼性の高いフォトマスクを提供することができるので、このフォトマスクを用いて半導体集積回路装置を製造することにより、露光処理におけるパターン転写不良を低減することができるので、半導体集積回路装置の歩留りおよび信頼性を向上させることが可能となる。
【０２６６】
（４）．各検査工程に分けることにより、個々の検査工程毎にデータを分割することができるので、検査装置におけるデータの負荷を軽くことができる。このため、データ処理速度を向上させることができ、検査効率を向上させることが可能となる。
【０２６７】
（５）．各検査工程に分けることにより、不要な検査を無くすことができる。例えば異常摘出工程において、その後の検査が不要と判定された場合あるいはその後の検査が不要とされた領域が発見された場合には、その情報を第１の良否判定工程や第２の良否判定工程に伝送することにより、フォトマスクの全領域での第１の良否判定工程および第２の良否判定工程やフォトマスクの一部の領域での第１の良否判定工程および第２の良否判定工程を削減することができる。したがって、検査効率を向上させることが可能となる。
【０２６８】

（６）．誤検査を防止することができるので、位相シフタパターンのエッジ部が配置される透光領域についても不良と判定せずに、位相シフタパターンを有するフォトマスクの検査を実行することが可能となる。したがって、検査効率を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施例であるフォトマスクの検査装置の説明図である。

【図２】フォトマスクの平面図である。

【図３】図２のフォトマスクの要部断面図である。

【図４】図２のフォトマスクの他の例における要部断面図である。

【図５】図２のフォトマスク１のパターンを縮小投影光学系によって半導体ウエハ上のレジスト膜に投影した光の振幅および強度の説明図である。

【図６】位相差誤差を説明するための説明図である。

【図７】フォトマスク上の正常部分の要部断面図である。

【図８】フォトマスク上の異常部分の要部断面図である。

【図９】フォトマスクの表面の一部を電子顕微鏡で撮影した写真である。

【図１０】フォトマスクの異常摘出方法の一例を説明するための説明図である。

【図１１】フォトマスクにおける位相差の測定方式の原理を説明するための説明図である。

【図１２】フォトマスクの異常判別の一例を説明するための説明図である。

【図１３】フォトマスクにおける位相差の測定方式の原理の説明図である。

【図１４】フォトマスクの製造フロー図である。

【図１５】フォトマスクの製造工程中における要部断面図である。

【図１６】フォトマスクの図１５に続く製造工程中における要部断面図である。

【図１７】フォトマスクの図１６に続く製造工程中における要部断面図である。

【図１８】フォトマスクの図１７に続く製造工程中における要部断面図である。

【図１９】フォトマスクの図１８に続く製造工程中における要部断面図である。

【図２０】フォトマスクの図１９に続く製造工程中における要部断面図である。

【図２１】フォトマスクの図２０に続く製造工程中における要部断面図である。

【図２２】フォトマスクの図２１に続く製造工程中における要部断面図である。

【図２３】フォトマスクの図２２に続く製造工程中における要部断面図である。

【図２４】縮小露光装置の説明図である。

【図２５】半導体集積回路装置の製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。

【図２６】半導体集積回路装置の図２５に続く製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。

【図２７】半導体集積回路装置の図２６に続く製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。

【図２８】半導体集積回路装置の製造工程である露光工程で用いるフォトマスクの要部平面図である。

【図２９】半導体集積回路装置の製造工程である露光工程で用いるフォトマスクの要部平面図である。

【図３０】図２８のＸ１　－Ｘ１　線の断面図である。

【図３１】図２９のＸ２　－Ｘ２　線の断面図である。

【図３２】半導体集積回路装置の製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。

【図３３】半導体集積回路装置の図３２に続く製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。

【図３４】半導体集積回路装置の製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。

【図３５】半導体集積回路装置の図３４に続く製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。

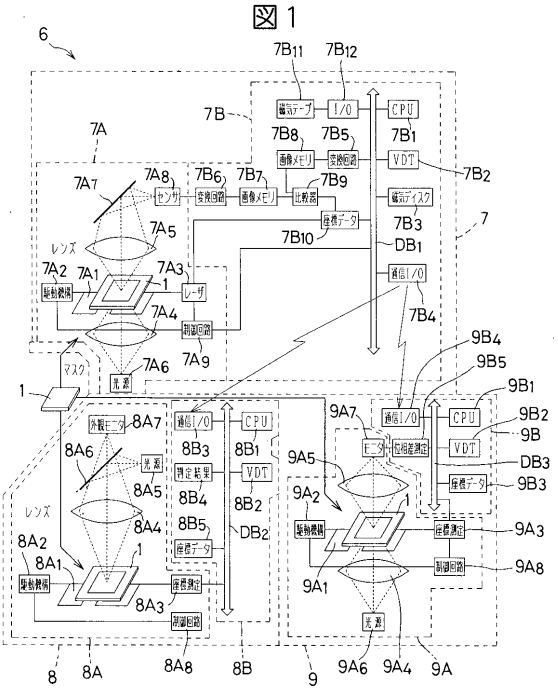
【図３６】半導体集積回路装置の図３５に続く製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。
【図３７】半導体集積回路装置の図３６に続く製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。
【図３８】半導体集積回路装置の図３７に続く製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。
【図３９】半導体集積回路装置の図３８に続く製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。
【図４０】半導体集積回路装置の図３９に続く製造工程である露光方法を説明するための半導体基板の要部断面図である。
【図４１】半導体集積回路装置の製造工程である露光方法を説明するためのフロー図である。
【図４２】本発明の他の実施例であるフォトマスクの製造方法で用いる集束イオンビーム装置の説明図である。
【符号の説明】
１　フォトマスク
１Ｒ　リファレンス基板
２　マスク基板
３ａ，３ｂ　アライメントマーク
４　遮光パターン
４ａ　遮光膜
５　位相シフタパターン
５ａ　透明膜
５ｂ，５ｂ１　溝
６　検査装置
７　異常摘出ステーション
７Ａ　検査部
７Ａ１　検査ステージ
７Ａ２　ステージ駆動機構
７Ａ３　レーザ干渉計
７Ａ４，７Ａ５　光学レンズ
７Ａ６　光源
７Ａ７　反射板
７Ａ８　センサ
７Ａ９　制御回路
７Ｂ　データ処理部
７Ｂ１　ＣＰＵ
７Ｂ２　ＶＤＴ
７Ｂ３　磁気ディスクドライバ
７Ｂ４　通信Ｉ／Ｏ（入出力）回路
７Ｂ５，７Ｂ６　データ変換回路
７Ｂ７，７Ｂ８　画像メモリ
７Ｂ９　比較器
７Ｂ１０　記憶部
７Ｂ１１　磁気テープドライバ
７Ｂ１２　入出力ポート
８　異常判別ステーション
８Ａ　検査部
８Ａ１　検査ステージ
８Ａ２　ステージ駆動機構

８Ａ３　座標測定部
８Ａ４　光学レンズ
８Ａ５　光源
８Ａ６　ハーフミラー
８Ａ７　外観モニタ
８Ａ８　制御回路
８Ｂ　データ処理部
８Ｂ１　ＣＰＵ
８Ｂ２　ＶＤＴ
８Ｂ３　通信Ｉ／Ｏ回路
８Ｂ４，８Ｂ５　記憶部
９　位相差測定ステーション
９Ａ　検査部
９Ａ１　検査ステージ
９Ａ２　ステージ駆動機構
９Ａ３　座標測定部
９Ａ４，９Ａ５　光学レンズ
９Ａ６　光源
９Ａ７　モニタ
９Ａ８　制御回路
９Ｂ　データ処理部
９Ｂ１　ＣＰＵ
９Ｂ２　ＶＤＴ
９Ｂ３　記憶部
９Ｂ４　通信Ｉ／Ｏ回路
９Ｂ５　位相差測定部
１０　光学検査装置
１０ａ　光源
１０ｂ　フィルタ
１０ｃ　アパーチャ
１０ｄ　ビームスプリッタ
１０ｅ　位相補正器
１０ｆ　反射鏡
１０ｇ　光学レンズ
１０ｈ　ハーフミラー
１０ｉ　検出器
１０ｊ　ビームスプリッタ
１０ｋ　光学レンズ
１０ｍ　メモリ
１１　スクリーン
１２　干渉縞
１３ａ，１３ｂ　レジスト膜
１４　導電性ポリマー膜
１５　縮小投影露光装置
１５ａ　露光光源
１５ｂ　試料ステージ
１５ｃ１，１５ｃ２　ミラー
１５ｄ　シャッタ
１５ｅ　フライアイレンズ
１５ｆ　コンデンサレンズ

１５ｇ　縮小投影光学レンズ系
１５ｈ　アライメント光学系
１５ｈ１　～１５ｈ５　　集光レンズ
１５ｈ６　，１５ｈ７　　ハーフミラー
１５ｈ８　　位置合わせ光源
１５ｈ９　　モニタカメラ
１５ｈ１０　ミラー
１６　半導体基板
１７　絶縁膜
１８　金属膜
１８ａ　配線パターン
１９ａ，１９ｂ　フォトレジスト膜
２０　ゲート絶縁膜
２１　ゲート形成膜
２１ａ　ゲート電極
２２ｎ　ｎウエル
２２ｐ　ｐウエル
２３　フィールド絶縁膜
２４，２５　半導体領域
２６　層間絶縁膜
２７Ｌ　配線
２７Ｒ　抵抗
２８　絶縁膜
２９ａ，２９ｂ　接続孔
３０　第１層配線
３１　層間絶縁膜
３２　第２層配線
３３　表面保護膜
３４　集束イオンビーム装置
３４ａ　イオン源
３４ｂ　ブランキング電極
３４ｃ　偏向電極
３４ｄ　保持器
３４ｅ　試料台
３４ｆ　レーザミラー
３４ｇ　レーザ干渉測長器
３４ｈ　磁気テープ
３４ｉ　ガスノズル
３４ｊ　ガスボンベ
Ａ　転写領域
Ｂ　遮光領域
Ｃ，Ｃ１　，Ｃ２　　透光領域
Ｄ　遮光領域
ＤＢ１　～ＤＢ３　　データバス
Ｗ　半導体ウエハ

【図１】

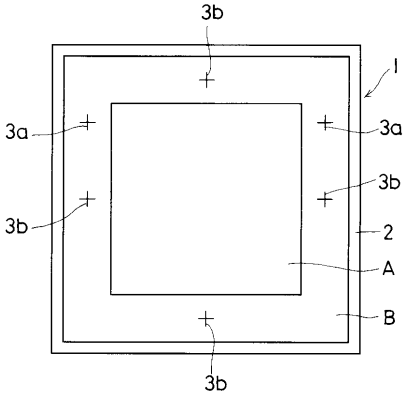
図１



1：フォトマスク
7：異常摘出ステーション
8：異常判別ステーション
9：位相差測定ステーション

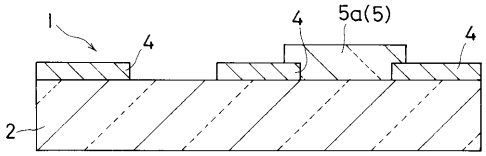
【図２】

図２



【図３】

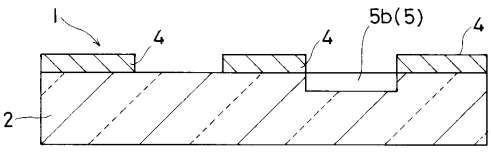
図３



4：遮光パターン
5：位相シフタパターン
5a：透明膜

【図４】

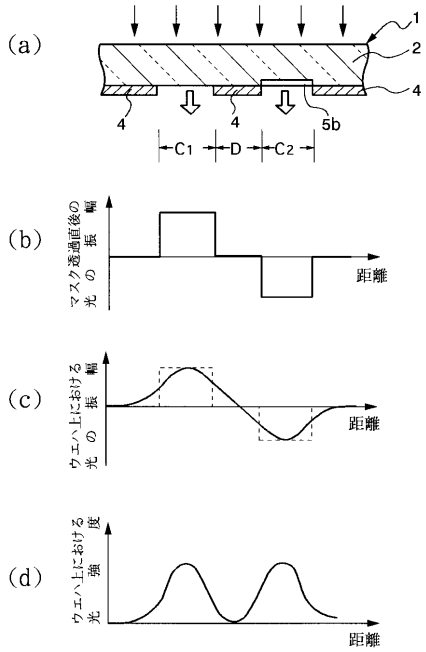
図４



5b：溝

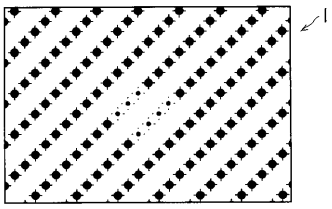
【図５】

図　５



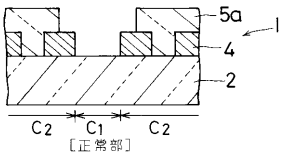
【図６】

図6



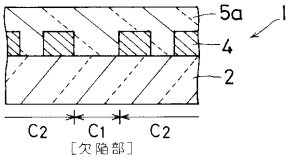
【図７】

図7



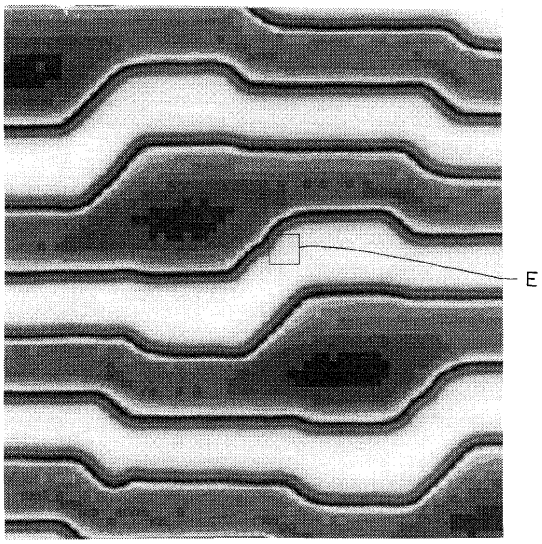
【図８】

図8



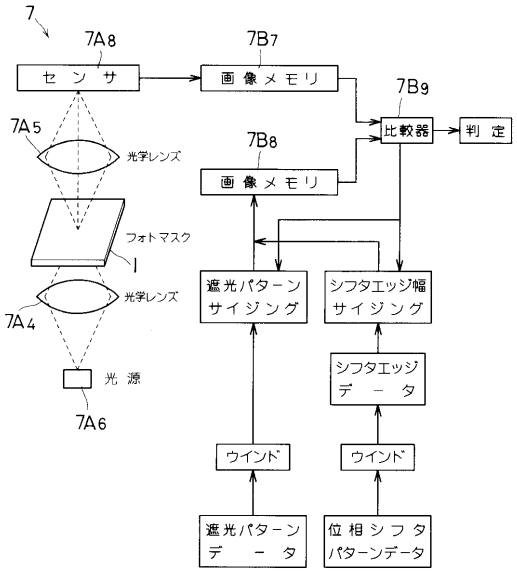
【図９】

図 9



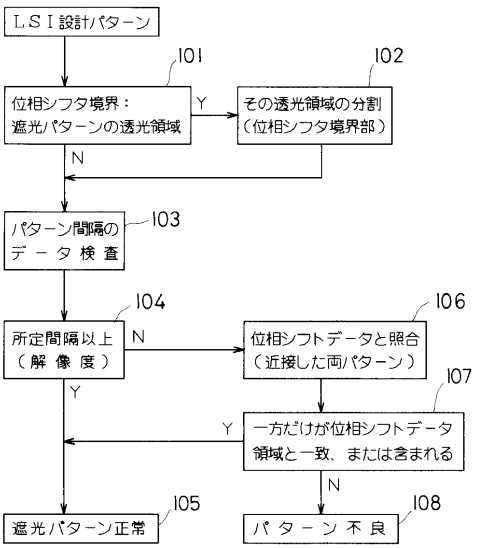
【図１０】

図10



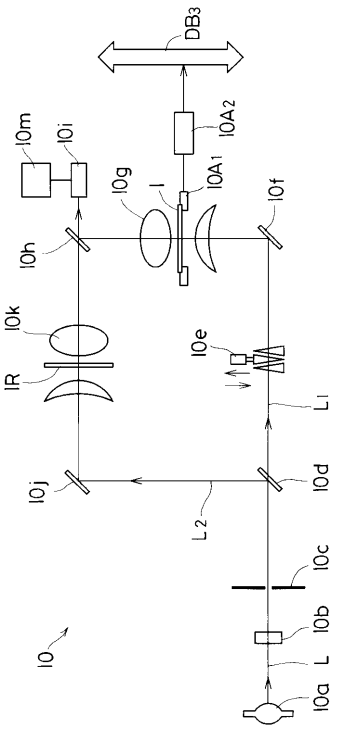
【図１１】

図11



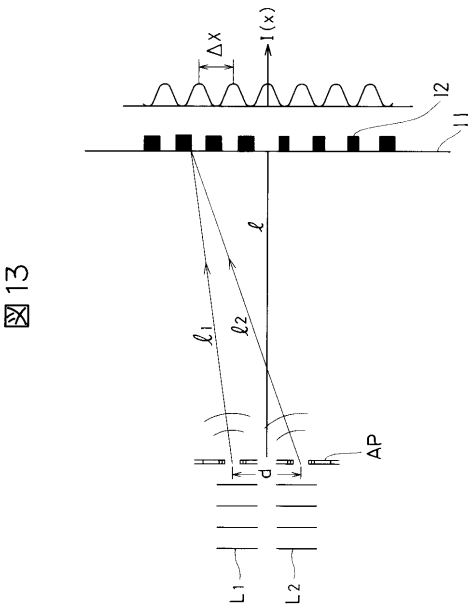
【図１２】

図12



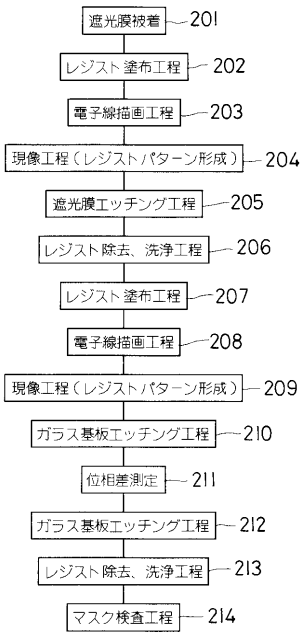
【図１３】

図13



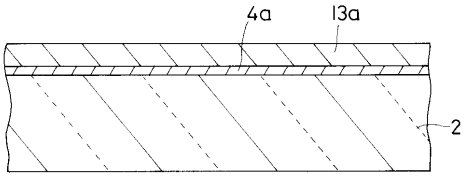
【図１４】

図14



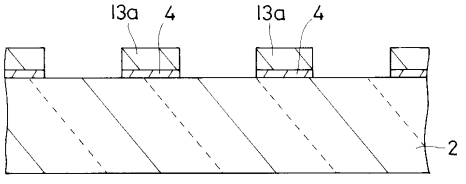
【図１５】

図15



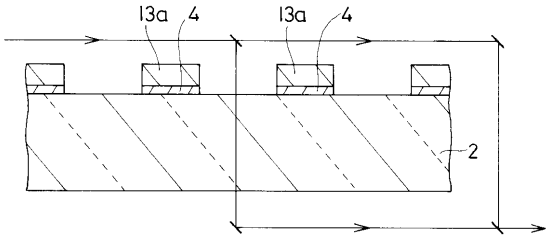
【図１６】

図16



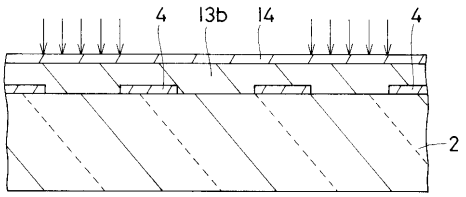
【図１７】

図17



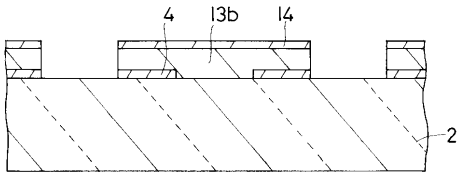
【図１８】

図18



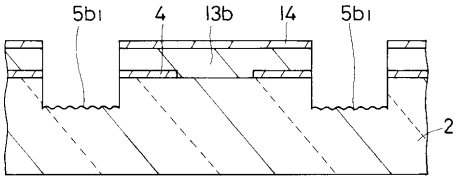
【図１９】

図19



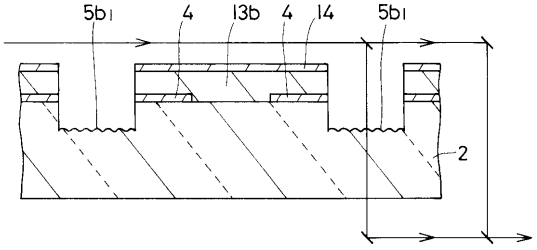
【図２０】

図20



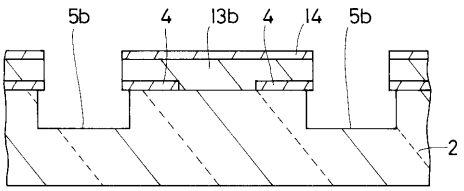
【図２１】

図21



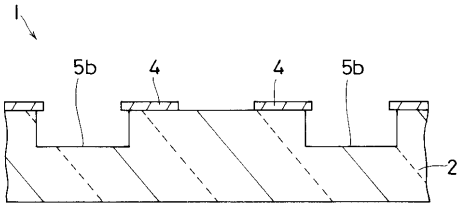
【図２２】

図22



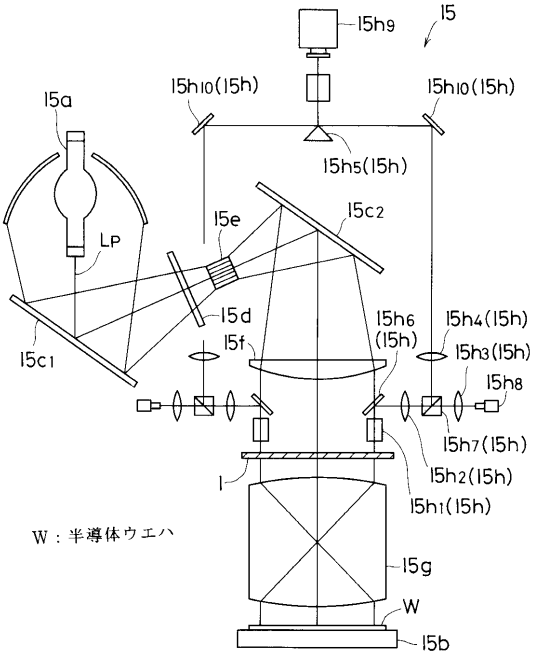
【図２３】

図23



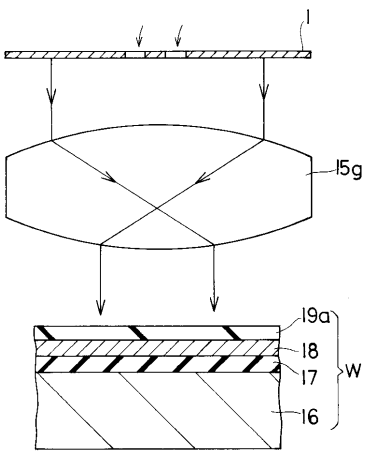
【図２４】

図24



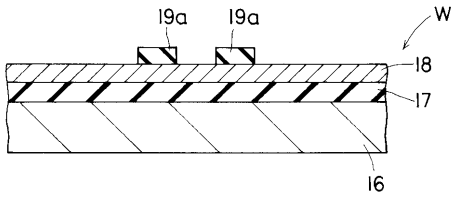
【図２５】

図25



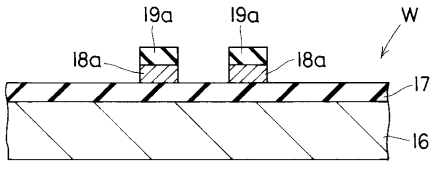
【図２６】

図26



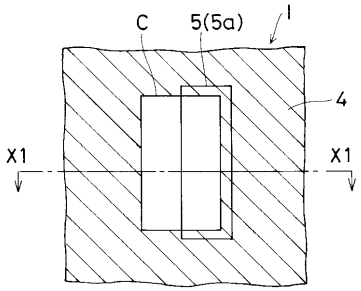
【図２７】

図27



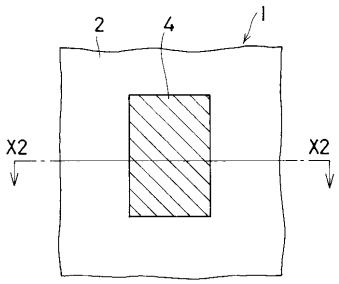
【図２８】

図28



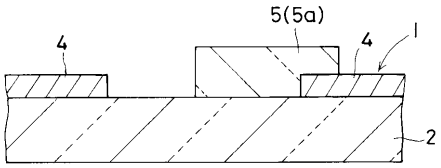
【図２９】

図29



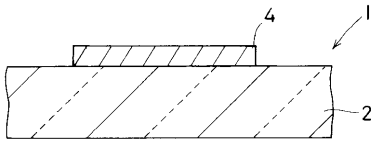
【図３０】

図30



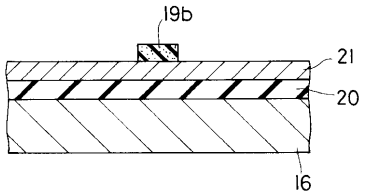
【図３１】

図31



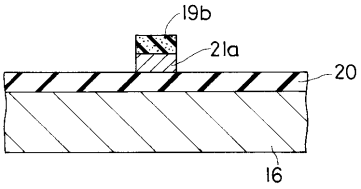
【図３２】

図32



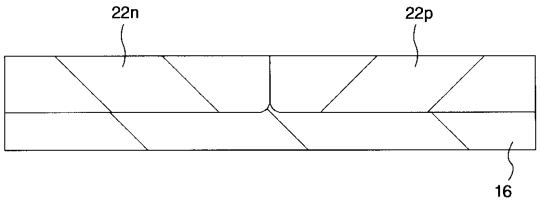
【図３３】

図33



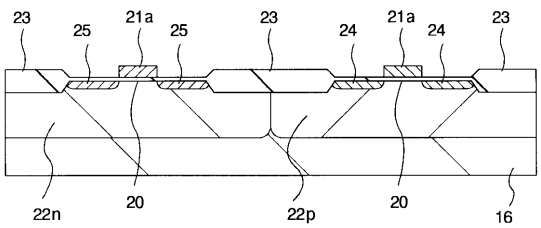
【図３４】

図 34



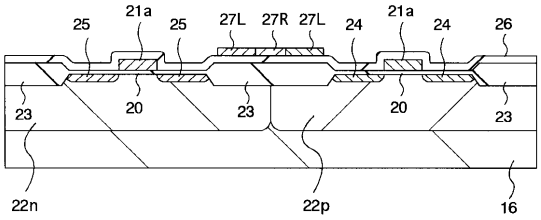
【図３５】

図 35



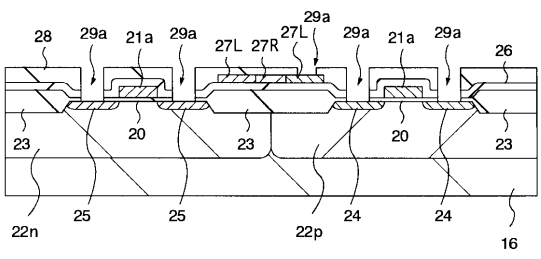
【図３６】

図 36



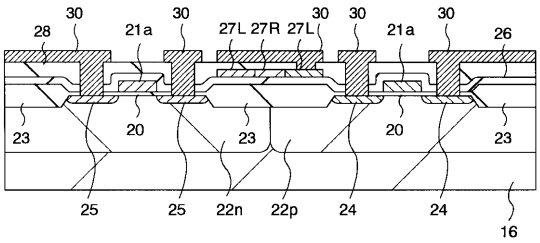
【図３７】

図 37



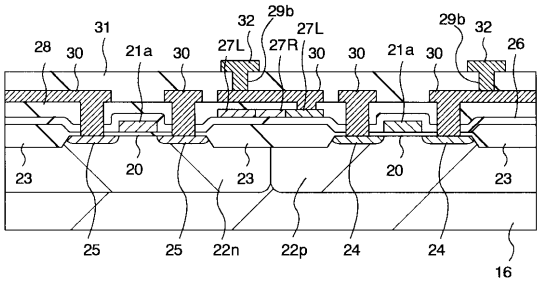
【図３８】

図 38



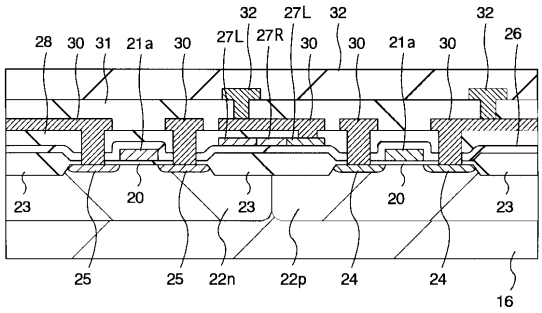
【図３９】

図 39



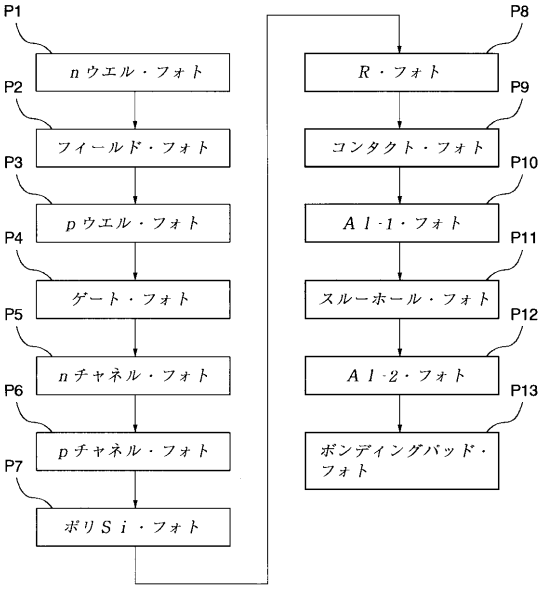
【図４０】

図 40



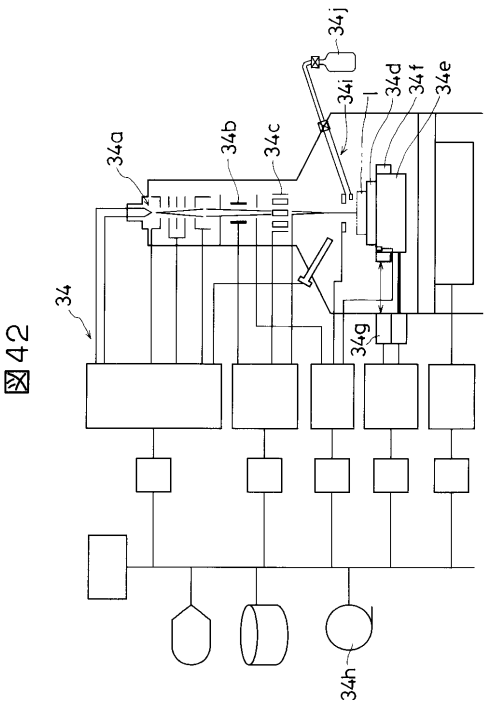
【図４１】

図 41



【図４２】

図42



フロントページの続き

(51)Int.Cl.[7]	FI		
	H01L	21/30	502V
	H01L	21/30	502W
	H01L	21/30	528

(56)参考文献 特開平04－321047（JP，A）
特開平06－019119（JP，A）
特開平04－229863（JP，A）
特開昭59－132129（JP，A）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，DB名)
G03F 1/00-1/16