(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4192423号
(P4192423)
(45)発行日　平成20年12月10日(2008.12.10)　(24)登録日　平成20年10月3日(2008.10.3)

(51)Int.Cl.　　F I
H01L 21/027 (2006.01)　　H01L 21/30　506E
G03F 7/20 (2006.01)　　G03F 7/20　521

請求項の数 29　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願2000-522614(P2000-522614)
(86)(22)出願日　平成10年11月19日(1998.11.19)
(86)国際出願番号　PCT/JP1998/005226
(87)国際公開番号　WO1999/027567
(87)国際公開日　平成11年6月3日(1999.6.3)
審査請求日　平成17年11月4日(2005.11.4)
(31)優先権主張番号　特願平9-319239
(32)優先日　平成9年11月20日(1997.11.20)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
(74)代理人　100098165
弁理士　大森　聡
(72)発明者　白石　直正
東京都千代田区丸の内三丁目２番３号　富士ビル　株式会社ニコン　知的財産本部内

審査官　南　宏輔

(56)参考文献　特開平０８－２５０３９１（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２４００１８（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】マーク検出方法、位置検出装置、露光方法及び装置、デバイス製造方法、並びにデバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

基板上に形成され、且つ可視光を透過しない膜で覆われた位置合わせ用マークを検知するマーク検出方法であって、

前記位置合わせ用マークは、その凹部に絶縁物が埋め込まれており、

前記膜を介して前記位置合わせ用マークに、その波長域が赤外波長域である光束を照射し、

前記光束の照射により前記位置合わせ用マークから発生する回折光を受光し、

前記回折光に基づき前記位置合わせ用マークの位置情報を検出することを特徴とするマーク検出方法。

【請求項２】

基板上に形成され、且つ可視光を透過しない膜で覆われた位置合わせ用マークを検知するマーク検出方法であって、

前記位置合わせ用マークは、ＳＴＩ工程で形成されたものであり、

前記膜を介して前記位置合わせ用マークに、その波長域が赤外波長域である光束を照射し、

前記光束の照射により前記位置合わせ用マークから発生する回折光を受光し、

前記回折光に基づき前記位置合わせ用マークの位置情報を検出することを特徴とするマーク検出方法。

【請求項３】

前記光束は、８００ｎｍ～１５００ｎｍの範囲内の波長のコヒーレントな光束を含むことを特徴とする請求項１又は２に記載のマーク検出方法。
【請求項４】
前記膜はポリシリコンを含むことを特徴とする請求項１又は２に記載のマーク検出方法。
【請求項５】
前記位置合わせ用マークに対して２本の互いにコヒーレントな光束を照射し、
前記位置合わせ用マークから前記２本の光束の照射により互いに同一方向に発生する１対の回折光を受光することを特徴とする請求項１又は２に記載のマーク検出方法。
【請求項６】
前記位置合わせ用マークに対して１本のコヒーレントな光束を照射し、
前記位置合わせ用マークから異なる方向に発生する１対の回折光を受光することを特徴とする請求項１又は２に記載のマーク検出方法。
【請求項７】
前記位置合わせ用マークから発生する１対の回折光を所定の回折格子上に所定の交差角で照射し、
前記回折格子から発生する回折光の光電変換信号より前記位置合わせ用マークの位置を検出することを特徴とする請求項６に記載のマーク検出方法。
【請求項８】
前記２本の互いにコヒーレントな光束は互いに周波数の異なるヘテロダインビームであることを特徴とする請求項５に記載のマーク検出方法。
【請求項９】
前記光束は、前記赤外波長域の第１の波長を持つ第１の光束を含み、
更に、前記第１の波長とは異なる第２の波長を持つ第２の光束を、前記位置合わせ用マークに照射して、該第２の光束の照射により該位置合わせ用マークから発生する回折光を受光することを特徴とする請求項１又は２に記載のマーク検出方法。
【請求項１０】
前記第２の波長は、前記赤外波長域の波長を含むことを特徴とする請求項９に記載のマーク検出方法。
【請求項１１】
前記第２の波長は、５００ｎｍ～８００ｎｍの範囲内の波長を含むことを特徴とする請求項９に記載のマーク検出方法。
【請求項１２】
前記第１の光束と前記第２の光束とは、それぞれ互いに波長がほぼ同一でコヒーレントな複数のビームを含むことを特徴とする請求項９に記載のマーク検出方法。
【請求項１３】
前記第１の光束の照射により前記位置合わせ用マークから発生する回折光と、前記第２の光束の照射により前記位置合わせ用マークから発生する回折光との少なくとも一方の回折光に基づき、前記位置合わせ用マークの位置を検出することを特徴とする請求項９に記載のマーク検出方法。
【請求項１４】
所定パターンを前記基板上に露光する露光方法であって、
請求項１から１３の何れか一項に記載のマーク検出方法により検知された前記位置合わせ用マークの位置情報に基づいて、前記所定パターンと前記基板との位置合わせを行うことを特徴とする露光方法。
【請求項１５】
前記所定パターンは投影系を介して前記基板上に投影され、
前記位置合わせ用マークから発生する回折光は、前記投影系を介して受光されることを特徴とする請求項１４に記載の露光方法。
【請求項１６】

前記所定パターンはマスク上に形成されており、
前記位置合わせ用マークから発生する回折光は、前記投影系及び前記マスクを介して受光されることを特徴とする請求項１５に記載の露光方法。
【請求項１７】
前記所定パターンは投影系を介して前記基板上に投影され、
前記位置合わせ用マークから発生する回折光は、前記投影系を介さずに受光されることを特徴とする請求項１４に記載の露光方法。
【請求項１８】
請求項１４に記載の露光方法を用いることにより、前記基板上に形成されたパターンに、投影系を介して前記所定パターンを重ね合わせて転写する工程を経てデバイスを製造するデバイス製造方法。
【請求項１９】
基板上に形成され、且つ可視光を実質的に透過しない膜で覆われた位置合わせ用マークを検知するマーク検出装置であって、
前記位置合わせ用マークは、その凹部に絶縁物埋め込まれており、
前記膜を介して前記位置合わせ用マークに、その波長域が赤外波長域である光束を照射する照射系と、
前記光束の照射により前記位置合わせ用マークから発生する回折光を受光する受光系とを有し、
前記回折光に基づき前記位置合わせ用マークの位置情報を検出することを特徴とするマーク検出装置。
【請求項２０】
基板上に形成され、且つ可視光を実質的に透過しない膜で覆われた位置合わせ用マークを検知するマーク検出装置であって、
前記位置合わせ用マークは、ＳＴＩ工程で形成されたものであり、
前記膜を介して前記位置合わせ用マークに、その波長域が赤外波長域である光束を照射する照射系と、
前記光束の照射により前記位置合わせ用マークから発生する回折光を受光する受光系とを有し、
前記回折光に基づき前記位置合わせ用マークの位置情報を検出することを特徴とするマーク検出装置。
【請求項２１】
前記光束は、８００ｎｍ～１５００ｎｍの範囲内の波長を持つコヒーレントな光束を含むことを特徴とする請求項１９又は２０に記載のマーク検出装置。
【請求項２２】
前記膜はポリシリコンを含むことを特徴とする請求項１９又は２０に記載のマーク検出装置。
【請求項２３】
前記照射系は、前記位置合わせ用マークに対して２本の互いにコヒーレントな光束を照射し、
前記受光系は、前記２本の光束の照射により前記位置合わせ用マークから互いに同一方向に発生する一対の回折光を受光することを特徴とする請求項１９又は２０に記載のマーク検出装置。
【請求項２４】
前記照射系は、前記位置合わせ用マークに対して１本のコヒーレントな光束を照射し、
前記受光系は、前記位置合わせ用マークから異なる方向に発生する一対の回折光を受光することを特徴とする請求項１９又は２０に記載のマーク検出装置。
【請求項２５】
所定パターンを前記基板上に露光する露光装置であって、
請求項１９から２４の何れか一項に記載のマーク検出装置を備え、該マーク検出装置に

より検知された前記位置合わせ用マークの位置情報に基づいて、前記所定パターンと前記基板との位置合わせを行うことを特徴とする露光装置。

【請求項２６】

前記所定パターンを前記基板上に投影する投影系を備え、

前記受光系は、前記位置合わせ用マークから発生する回折光を、前記投影系を介して受光することを特徴とする請求項２５に記載の露光装置。

【請求項２７】

前記所定パターンはマスク上に形成されており、

前記受光系は、前記位置合わせ用マークから発生する回折光を、前記投影系及び前記マスクを介して受光することを特徴とする請求項２６に記載の露光装置。

【請求項２８】

前記所定パターンを前記基板上に投影する投影系を備え、

前記受光系は、前記位置合わせ用マークから発生する回折光を、前記投影系を介さずに受光することを特徴とする請求項２５に記載の露光装置。

【請求項２９】

請求項２５に記載の露光装置を用いることにより、前記基板上に形成されたパターンに、投影系を介して前記所定パターンを重ね合わせて転写する工程を経て形成されたデバイス。

【発明の詳細な説明】

技術分野

本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造するためのリソグラフィ工程で、マスクパターンが転写されるウエハ等の基板上に形成された位置合わせ用マークの位置を検出する際に使用して好適なマーク検出方法、及び位置検出装置に関する。

背景技術

半導体素子等を製造する際に、マスクとしてのレチクルのパターンを基板としてのフォトレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に転写するために、従来は、縮小投影型でかつ一括露光型の投影露光装置（ステッパー）が多用されていたが、最近ではレチクル及びウエハをほぼ投影倍率を速度比として同期移動して露光を行うステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の投影露光装置も使用されつつある。

一般に、半導体素子は、ウエハ上に微細パターンを数十層に亘って互いに所定の位置関係で積み重ねて形成されるため、それらの投影露光装置には、ウエハ上にそれまでの工程で形成されている回路パターンと、これから露光するレチクルのパターンとの位置合わせを高精度に行うために、ウエハ上に回路パターンと共に形成されているアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を検出するためのアライメントセンサが備えられている。

アライメントセンサとしては各種の方式が知られているが、それらの内で特に高精度に位置検出を行うことができるセンサとして、格子状のアライメントマークのほぼ全面にレーザ光を照射して、それからの回折光を受光する格子アライメント方式のセンサが広範に利用されている。その格子状のアライメントマークは、それ以前の露光工程、及び成膜、エッチング工程により、明暗の格子又は段差を伴う凹凸の格子として形成されたものである。また、格子アライメント方式で使用されるレーザ光の波長は、従来はウエハ上のフォトレジスト等の感光材料が感光しない波長域である５５０～７８０ｎｍ程度に設定されていた。

ところで、半導体集積回路の微細化に伴い、より正確に微細な回路パターンを形成するために、ウエハ上に形成される各層の表面を平坦化するプロセス（平坦化プロセス）が採用されるようになってきた。この最たるものが、成膜した膜の表面を研磨して、それをほぼ完全に平坦化するＣＭＰ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ　＆　Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ　Ｐｏｌｉｓｈｉｎｇ：化学機械的研磨）プロセスである。ＣＭＰプロセスは、半導体集積回路の配線層（金属）間の層間絶縁膜（二酸化ケイ素等の誘電体）に適用されることが多く、その場合

には、波長５５０～７８０ｎｍ程度の光束は平坦化された層間絶縁膜を透過して、下層のアライメントマークに達するため、従来の格子アライメント方式のアライメントセンサを使用できていた。
これに関して、最近、例えば隣接する微細素子同士を絶縁するために所定幅の浅い溝を形成し、この溝に誘電体等の絶縁物を埋め込むＳＴＩ（Ｓｈａｌｌｏｗ Ｔｒｅｎｃｈ Ｉｓｏｌａｔｉｏｎ）工程が開発されている。このＳＴＩ工程では、絶縁物を埋め込んだ層の表面をＣＭＰプロセスで平坦化した後、その表面にポリシリコンを成膜することがある。この場合、ポリシリコン層の表面には下層のアライメントマークを反映した凹凸は全く形成されず、また、ポリシリコン層は波長５５０～７８０ｎｍの光束（可視光）を透過しないため、従来の格子アライメント方式のセンサでは、ポリシリコン層の下層に形成されたアライメントマークを検出することはできなかった。そのため、特にＳＴＩ工程で形成された平坦なアライメントマークの位置を、ポリシリコン層等を介して例えば格子アライメント方式で高精度に検出できるアライメントセンサが求められていた。
本発明は斯かる点に鑑み、可視光を透過しない膜の底面に平坦化された位置合わせ用マークが形成されている場合でも、高精度にそのマークの位置を検出できるマーク検出方法、及び位置検出装置を提供することを目的とする。
更に、本発明は、そのような位置検出装置を備えた露光装置を提供することをも目的とする。
更に本発明は、そのようなマーク検出方法を使用して、高精度にアライメントを行うことができる露光方法、及び半導体素子の製造方法を提供することをも目的とする。
発明の開示
本発明によるマーク検出方法は、所定のパターン（２９）と共に位置合わせ用マーク（２６）が形成されている基板（４）に対してマスクパターン（Ｒ）を重ね合わせて転写するに際して、基板（４）とマスクパターン（Ｒ）との位置合わせを行うために、基板（４）上に形成されている位置合わせ用マーク（２６）の位置を検出するマーク検出方法であって、位置合わせ用マーク（２６）に対して、波長が８００ｎｍ～１５００ｎｍの範囲内の１本のコヒーレントな光束（Ｌ２）、又は２本の互いにコヒーレントな光束（ＬＡ，ＬＢ）を照射し、位置合わせ用マーク（２６）から発生する回折光（ＬＤＡ，ＬＤＢ、又はＬＤ）を受光し、この受光される回折光に基づいて位置合わせ用マーク（２６）の位置を検出するものである。
斯かる本発明によれば、その位置合わせ用マーク（２６）は、一例としてＳＴＩ（Ｓｈａｌｌｏｗ Ｔｒｅｎｃｈ Ｉｓｏｌａｔｉｏｎ）工程によって形成された回折格子状マークであり、この場合、その表面はＣＭＰ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ ＆ Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ Ｐｏｌｉｓｈｉｎｇ）プロセスによって平坦化されると共に、その上にポリシリコン（Ｓｉ）のように可視光に対しては強い吸収性を持つが、赤外先に対しては良好な透過性を有している薄膜が形成されている。この場合、この薄膜の表面は平坦であって、この表面の凹凸からは位置合わせ用マーク（２６）を検出することはできない。しかし、本発明で使用される光束の波長域は８００ｎｍ以上であるため、その光束はその薄膜を透過してその下層の位置合わせ用マーク（２６）に達する。従って、その位置合わせ用マークの位置を検出できる。
また、その検出分解能はほぼその光束の波長に比例するが、その波長は１５００ｎｍ以下であるため、その検出精度は極めて高い。
この場合、一例として、その位置合わせ用マーク（２６）に対して２本の互いにコヒーレントな光束（ＬＡ，ＬＢ）を照射し、位置合わせ用マーク（２６）からそれら２本の光束の照射により互いに同一方向に発生する１対の回折光（ＬＤ）を受光してもよい。これによって、２光束干渉方式で位置検出が行われる。この際に、その２本の光束の周波数を所定量だけずらしておくことによって、ヘテロダイン干渉方式で被検マークが静止状態であっても高分解能で（高精度に）位置検出が行われる。
また、別の例として、その位置合わせ用マーク（２６）に対して１本のコヒーレントな光束（Ｌ２）を照射し、位置合わせ用マーク（２６）から異なる方向に発生する１対の回折

光（ＬＤＡ，ＬＤＢ）を受光するようにしてもよい。これによって、一光束を照射する方式で位置検出が行われる。
この一光束を照射する方式では、位置合わせ用マーク（２６）から発生する１対の回折光（ＬＤＡ，ＬＤＢ）を所定の回折格子（１８）上に所定の交差角で照射し、回折格子（１８）から発生する回折光（ＬＤＣ）の光電変換信号よりその位置合わせ用マークの位置を検出してもよい。その光電変換信号の位相からその位置合わせ用マークの位置が高い分解能で、かつ高精度に検出できる。
又は、位置合わせ用マーク（２６）から発生する１対の回折光（ＬＤＡ，ＬＤＢ）を所定の観察面上に所定の交差角で照射して干渉縞の像（２０）を形成し、このように形成される干渉縞の像の強度分布に基づいてその位置合わせ用マークの位置を検出してもよい。その干渉縞の像の位置（位相）からその位置合わせ用マークの位置が高精度に検出できる。
更に、上記の本発明における１本のコヒーレントな光束、又は２本の互いにコヒーレントな光束に、更にそれぞれ波長が５００～８００ｎｍの範囲内の光束を含めてもよい。これによって、可視光を通過する膜で覆われた被検マークの位置を容易に高精度に検出できる。その波長５００～８００ｎｍの中では、例えば容易に高出力の光源が得られると共に、フォトレジスト等の感光材料を感光させない等の観点より、更に６３０～８００ｎｍの波長域が望ましい。
また、本発明による位置検出装置は、所定のパターン（２９）と共に位置合わせ用マーク（２６）が形成されている基板（４）に対してマスクパターン（Ｒ）を重ね合わせて転写する露光装置に備えられ、その基板とそのマスクパターンとの位置合わせを行うために、その基板上に形成されている位置合わせ用マーク（２６）の位置を検出する位置検出装置であって、位置合わせ用マーク（２６）に対して、波長が８００ｎｍ～１５００ｎｍの範囲内の１本のコヒーレントな光束（Ｌ２）、又は２本の互いにコヒーレントな光束（ＬＡ，ＬＢ）を照射する照射光学系（１０，１１，１４，１５，ＰＬ、又は１０～１３，１５，ＰＬ）と、位置合わせ用マーク（２６）から発生する回折光を受光する受光光学系（ＰＬ，１５，１７，１８，１６、又はＰＬ，１５，１４，１６）と、を備え、このように受光される回折光に基づいて位置合わせ用マーク（２６）の位置を検出するものである。
斯かる本発明によれば、波長が８００ｎｍ～１５００ｎｍの範囲内の光束が位置検出用に使用されているため、本発明のマーク検出方法が使用できる。
また、本発明による露光装置は、上記の本発明による位置検出装置を備えたものである。
次に、本発明による露光方法は、マスク（Ｒ）上のパターンを基板（４）上に転写する露光方法において、その基板上の位置合わせ用マーク（２６）に対して波長が８００～１５００ｎｍの範囲内のコヒーレントビーム（ＬＡ，ＬＢ、又はＬ２）を照射すると共に、その位置合わせ用マークから発生する回折光（ＬＤ、又はＬＤＡ，ＬＤＢ）を受光してその位置情報を検出し、この検出された位置情報に基づいて、そのマスクとその基板との位置関係を調整するものである。斯かる本発明の露光方法によれば、本発明のマーク検出方法が使用されているため、可視光を透過しない膜の底面に平坦化された位置合わせ用マークが形成されている場合でも、高精度にアライメントを行うことができ、高い重ね合わせ精度が得られる。
この場合、その位置合わせ用マークは、一例としてＳＴＩ工程によって、その凹部に絶縁物（２５ｄ）が埋め込まれているものであるか、又はポリシリコン膜（２７）で覆われているものである。
また、そのコヒーレントビームが２本のビーム（ＬＡ，ＬＢ）である場合、ヘテロダイン干渉方式、又はホモダイン干渉方式で高精度にアライメントが行われる。
一方、そのコヒーレントビームが１本のビーム（Ｌ２）である場合、この１本のビームの照射によってその位置合わせ用マークから発生する光を基準格子（１８）に照射すると共に、この基準格子から発生する一対の回折光（ＬＤＣ）を受光することによって、簡単な構成で位置検出を行うことができる。その基準格子として、マスク（Ｒ）上のアライメントマークを使用して、ＴＴＲ方式でアライメントを行うことも可能である。
また、そのコヒーレントビームを、少なくとも波長が８００～１５００ｎｍの範囲内の第

１コヒーレントビームと、この第１コヒーレントビームと波長が異なる第２コヒーレントビームとを含むように多波長化してもよい。この場合のその第２コヒーレントビームの波長は、例えば５００～１５００ｎｍの範囲内であるか、又は５００～８００ｎｍの範囲内である。

また、本発明による半導体素子の製造方法は、基板（４）上に複数のパターンを重ね合わせて形成する工程を含む半導体素子の製造方法において、その基板上の位置合わせ用マーク（２６）に対して波長が８００～１５００ｎｍの範囲内のコヒーレントビームを照射すると共に、その位置合わせ用マークから発生する回折光を受光してその位置情報を検出し、この検出された位置情報に基づいて、その基板上に形成されたパターンに所定のマスクパターンを重ね合わせて転写するものである。斯かる製造方法によれば、本発明のマーク検出方法が使用されているため、可視光が透過しない膜（ポリシリコン等）の底部に位置合わせ用マークが形成されていても、高い重ね合わせ精度が得られる。従って、高い歩留りで高機能の半導体素子を製造できる。

この場合、そのマスクパターンをその基板上に転写する工程に先立って、その基板上のそのパターン、及びその位置合わせ用マークの凹部にそれぞれ絶縁体（２５ｃ，２５ｄ）を埋め込む工程を含んでもよい。更に、ＣＭＰプロセスによって平坦化処理が施されていても、高い重ね合わせ精度が得られる。また、転写方法は、ステップ・アンド・リピート方式（一括露光型）、又はステップ・アンド・スキャン（走査露光型）の何れでもよい。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好適な第１の実施の形態につき図１を参照して説明する。本例は、投影露光装置に備えられたＴＴＬ（スルー・ザ・レンズ）方式で、格子アライメント方式のアライメントセンサに本発明を適用したものである。

図１（ａ）は本例の投影露光装置を示し、この図１（ａ）において、露光時には、露光光源、照度分布均一化用のオプティカル・インテグレータ（ホモジナイザー）、リレーレンズ、可変視野絞り、及びコンデンサレンズ等を含む照明光学系１から射出される露光用の照明光ＩＬは、レチクルＲのパターン面（下面）の所定の照明領域を照明する。なお、露光光源としては、ＫｒＦ（波長２４８ｎｍ）、ＡｒＦ（波長１９３ｎｍ）、F_2（波長１５７ｎｍ）等のエキシマレーザ光源、又は水銀ランプ等が使用できる。

レチクルＲのその照明領域内のパターンの像は、両側（又はウエハ側に片側）テレセントリックな投影光学系ＰＬを介して投影倍率β（βは、１／４倍、又は１／５倍等）で縮小されて、フォトレジストが塗布されたウエハ４上のショット領域に投影される。以下、投影光学系ＰＬの光軸ＡＸに平行にＺ軸を取り、Ｚ軸に垂直な平面内で図１（ａ）の紙面に平行にＸ軸を取り、図１（ａ）の紙面に垂直にＹ軸を取って説明する。

このとき、レチクルＲはレチクルステージ２上に吸着保持され、レチクルステージ２はＸ方向、Ｙ方向、及び回転方向にレチクルＲの位置決めを行う。不図示のレーザ干渉計によって計測されるレチクルステージ２の位置、及び装置全体の動作を統轄制御する主制御系９からの制御情報に基づいて、不図示のレチクルステージ駆動系がレチクルステージ２の動作を制御する。

一方、ウエハ４は不図示のウエハホルダ上に吸着保持され、このウエハホルダは試料台５上に固定され、試料台５はウエハステージ６上に固定されている。試料台５は、ウエハ４のフォーカス位置（Ｚ方向の位置）、及び傾斜角の制御を行い、ウエハステージ６は、Ｘ方向、Ｙ方向に試料台５を位置決めする。試料台５の上端の移動鏡７ｍ及び対応するレーザ干渉計７によって試料台５（ウエハ４）の２次元的な位置が計測され、この計測値、及び主制御系９からの制御情報に基づいてウエハステージ駆動系８が、例えばリニアモータ方式でウエハステージ６の動作を制御する。レーザ干渉計７の計測値は主制御系９にも供給されている。

そして、投影露光装置が本例のように一括露光型（ステッパー型）であれば、ウエハ４の露光対象のショット領域が投影光学系ＰＬによる露光領域に静止した状態で、照明光ＩＬが照射されてレチクルＲのパターン像が露光される。その後、ウエハステージ６のステップ移動によって次のショット領域が露光領域に移動し、以下ステップ・アンド・リピート

方式でレチクルＲのパターン像がウエハ４の各ショット領域に転写される。
また、本発明はステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置にも適用可能であり、この場合には、レチクルステージ２にも所定方向（例えばＹ方向）への連続移動機能が備えられ、走査露光時にはレチクルステージ２、及びウエハステージ６を介してレチクルＲ、及びウエハ４が投影光学系ＰＬに対してほぼ投影倍率βを速度比として同期走査される。
さて、このようにウエハ４上の各ショット領域に対して順次レチクルＲのパターン像を転写する際には、予めレチクルＲとウエハ４上の各ショット領域とのアライメントを行っておく必要がある。このために、レチクルＲのパターン領域の近傍にはアライメントマークが形成され、このアライメントマークと試料台５上の不図示の基準マークとの位置ずれ量をレチクルＲ上の不図示のレチクルアライメント顕微鏡で検出することによって、レチクルＲのパターン像がウエハステージ６に対して位置合わせされる。また、ウエハ４上の各ショット領域にはそれぞれアライメントマーク（ウエハマーク）が付設されており、投影光学系ＰＬの側方にそれらのアライメントマークの位置を検出するための、ＴＴＬ方式で格子アライメント方式のアライメントセンサ３が配置されている。
この場合、試料台５上の不図示の基準マークを用いて、レチクルＲのパターン像の中心とアライメントセンサ３の検出中心との間隔（ベースライン量）が予め求められて、主制御系９内に記憶されている。そして、ウエハのアライメント時には、一例として、アライメントセンサ３によって露光対象のショット領域のアライメントマークの位置を検出し、この検出結果及びそのベースライン量等に基づいてそのショット領域をレチクルＲのパターン像の露光位置に移動することで、正確な重ね合わせ露光が行われる。以下では、検出対象のマークをＸ軸のアライメントマーク２６であるとして説明する。
図１（ｂ）は本例のアライメントマーク２６を示す拡大断面図であり、この図１（ｂ）に示すように、シリコン基板よりなるウエハ４の表面には、ＳＴＩ（Ｓｈａｌｌｏｗ　Ｔｒｅｎｃｈ　Ｉｓｏｌａｔｉｏｎ）工程によって、Ｘ方向にピッチＰで複数個の凹部２３ｄが形成され、これらの凹部２３ｄにそれぞれ二酸化ケイ素（SiO_2）等の誘電体よりなる絶縁体２５ｄが埋め込まれている。絶縁体２５ｄは或る程度赤外光等を透過するため、アライメントマーク２６はＸ方向にピッチＰで形成された位相型（凹凸）の回折格子とみなすことができる。ただし、絶縁体２５ｄが赤外光等を殆ど透過しない場合には、絶縁体２５ｄの部分とウエハ４の基板の部分との反射率の相違を利用して、アライメントマーク２６をピッチＰの振幅型の回折格子とみなすこともできる。
ＳＴＩ工程を施す場合、ウエハ４の表面４ａは、アライメントマーク２６の表面を含めてＣＭＰ（化学機械的研磨）プロセスによって平坦化されており、本例では更にその表面４ａ上にポリシリコン膜（Ｓｉ）２７が形成されている。ポリシリコン膜２７は、可視光は殆ど透過しないが、波長８００ｎｍ以上の赤外光に対しては少なくとも透過光を検出できる程度の透過率を有している。また、ＣＭＰプロセスによってアライメントマーク２６を含む表面４ａの平坦度は良好であるため、その上のポリシリコン膜２７の表面にはアライメントマーク２６の各凹部２３ｄに起因する凹凸は全く現れていない。更に、ポリシリコン膜２７上に感光材料としてのフォトレジスト２８が塗布されている。フォトレジスト２８の感度は、波長４００ｎｍ程度以下の紫外域にあるため、ほぼ垂直に入射する可視光や赤外光はフォトレジスト２８を殆ど透過する。即ち、可視光や赤外光はフォトレジスト２８を感光させない。
図１（ａ）のアライメントセンサ３において、アライメント時には、半導体レーザ素子、又はＹＡＧレーザ光源等のレーザ光源１０から、波長が８００～１５００ｎｍの範囲内で単色とみなせる可干渉性の良好な（即ち、コヒーレントな）レーザビームよりなる光束Ｌ１が射出される。光束Ｌ１は、整形光学系１１により断面形状等が整形された後、音響光学素子（ＡＯＭ）等を含む周波数シフタ１２に入射し、周波数シフタ１２から互いに周波数の僅かに異なる２つの光束ＬＡ，ＬＢが発生する。その周波数差をΔｆとする。これらの互いに可干渉な（互いにコヒーレントな）光束ＬＡ，ＬＢは、リレーレンズ１３、及びレチクルＲと投影光学系ＰＬとの間に配置された光路折り曲げ用のミラー１５を経て投影光学系ＰＬに入射する。そして、投影光学系ＰＬを通過した２つの光束ＬＡ，ＬＢは、ウ

エハ４上のアライメントマーク２６上にＸ方向に所定の交差角で入射する。
図１（ｂ）を参照して説明したように、アライメントマーク２６上にはポリシリコン膜２７、及びフォトレジスト２８が形成されているが、光束ＬＡ，ＬＢの波長は８００ｎｍ以上であるため、光束ＬＡ，ＬＢはフォトレジスト２８を感光させることもなく、かつポリシリコン膜２７もかなりの透過率で透過してアライメントマーク２６に達する。これに関して、従来の格子アライメント方式のセンサでは、検出波長が５５０～７８０ｎｍ程度であったため、ポリシリコン膜２７を透過して、その下層のアライメントマーク２６を検出することは困難である。
アライメントマーク２６のＸ方向へのピッチはＰであり、２つの光束ＬＡ，ＬＢの波長をλとすると、２つの光束ＬＡ，ＬＢのアライメントマーク２６に対するＸ方向への入射角θは、次式を満たすように設定されている。
ｓｉｎθ＝λ／Ｐ　　（１）
これによって、アライメントマーク２６からは、光束ＬＡの＋１次回折光、及び光束ＬＢの－１次回折光が垂直上方（光束ＬＡ，ＬＢの入射方向の中間の方向）に平行に発生する。これら１対の±１次回折光は周波数Δｆで強度が変化するヘテロダインビームであり、このヘテロダインビームを回折光ＬＤと呼ぶ。アライメントマーク２６から発生する回折光ＬＤは、投影光学系ＰＬ、ミラー１５、及び分岐用ミラー１４を経て、光電検出器１６により受光され、光電検出器１６から出力される周波数Δｆの正弦波状のビート信号Ｓは、アライメント信号処理系２１に供給される。レーザ光源１０～光電検出器１６よりアライメントセンサ３が構成されている。
アライメント信号処理系２１は、主制御系９の制御のもとでレーザ光源１０の発光タイミングを制御すると共に、光電検出器１６からのビート信号Ｓの位相を検出する。ビート信号Ｓの位相はアライメントマーク２６のＸ方向の位置により変化するため、アライメント信号処理系２１は、その位相よりアライメントマーク２６のＸ方向の位置を高精度に検出し、この検出結果を主制御系９に供給する。なお、本例のアライメントセンサ３と同様の構成で、検出光の波長域が異なるアライメントセンサの詳細な構成は、例えば日本国特開平２－２８３０１１号公報（及びこれに対応する米国特許第５，１５１，７５０号明細書）に開示されている。
また、本例では２光束ＬＡ，ＬＢに周波数差Δｆを与えるヘテロダイン方式を採用しているため、アライメント信号処理系２１は、その周波数差Δｆと同じ周波数の基準信号とビート信号Ｓとの位相差を検出すると共に、この位相差とアライメントマーク２６の検出時に得られるレーザ干渉計７の計測値とに基づいて、アライメントマーク２６の位置を検出する。その基準信号としては、例えば周波数シフタ１２の駆動信号を使用することができる。その外に、リレーレンズ１３とミラー１５との間に配置したビームスプリッタ（不図示）で２光束ＬＡ，ＬＢの一部を分岐して基準格子に照射し、この基準格子から発生する±１次回折光よりなるヘテロダインビームを光電検出して、その基準信号を得るようにしてもよい。このような位置検出アルゴリズムは周知であるため、ここではこれ以上の説明を省略する。
また、アライメントセンサ３と並列にＹ軸のアライメントマークの位置を検出するためのＹ軸のアライメントセンサ（不図示）も配置され、このアライメントセンサによるＹ軸のアライメントマークの位置情報も主制御系９に供給される。主制御系９は、それらＸ軸及びＹ軸のアライメントマークの位置、これらのアライメントマークが属するショット領域の中心とこれらのアライメントマークとの位置関係の情報、及び既に説明したベースライン量に基づいて、ウエハ４の駆動位置を決定する。この駆動位置の情報はウエハステージ駆動系８に供給され、これに応じてウエハステージ６がウエハ４（試料台５）を露光位置に移動して、位置決めが完了した段階でレチクルＲのパターン像が露光される。
このように本例では、波長８００ｎｍ以上の光束ＬＡ，ＬＢがアライメントマーク２６に照射されているため、アライメントマーク２６がポリシリコン膜２７に覆われていても、光束ＬＡ，ＬＢはそのポリシリコン膜２７を透過する。従って、アライメントマーク２６の位置をヘテロダイン干渉方式で高分解能で検出できる利点がある。更に、光束ＬＡ，Ｌ

Ｂの波長は１５００ｎｍ以下であるため、検出精度も高くなっている。
なお、上記の実施の形態は、ヘテロダイン干渉方式であるため、アライメントマーク２６に照射される２本の光束ＬＡ，ＬＢの周波数は互いに僅かに異なっており、検出対象のアライメントマーク２６が静止している状態で、高精度にそのマークの位置を検出することができる。しかしながら、２本の光束ＬＡ，ＬＢの周波数を同一のままとしておくホモダイン干渉方式を採用してもよい。この場合には、回折光ＬＤの位相を検出するために、ウエハステージ６を介してアライメントマーク２６をＸ方向に走査すればよい。
また、本例のアライメントセンサ３は、投影光学系ＰＬを介して被検マークを検出するＴＴＬ方式である。これ以外に、例えば日本国特開平６－２６０３８９号公報に開示されているように、レチクルＲ上のアライメントマークとウエハ４上のアライメントマークとにそれぞれ２光束を照射し、両マークからそれぞれ発生する±１次回折光よりなる干渉光を互いに独立に光電検出し、この２つの検出信号の位相差から両マークの位置ずれ量を求めるＴＴＲ（スルー・ザ・レチクル）方式のアライメントセンサにも本発明を適用することができる。
このＴＴＲ方式のアライメントセンサを使用する際には、投影光学系ＰＬは露光波長（例えば２４８ｎｍ、又は１９３ｎｍなど）に対して良好に色収差補正されているため、レチクルＲに設けた透過窓、及び投影光学系ＰＬを通る２光束（本例では波長８００～１５００ｎｍに発振スペクトルを有するコヒーレント光）がウエハ４上のアライメントマークに照射され、かつ当該マークから発生する±１次回折光が投影光学系ＰＬ、及びレチクルＲのその透過窓を通るように、投影光学系ＰＬの瞳面にその２光束、及び±１次回折光をそれぞれ偏向する補正光学素子（回折格子など）を有する補正板を配置しておくとよい。
更にアライメントセンサ３を、例えば日本国特開平７－３２１０３０号公報（及びこれに対応する米国特許第５，７２１，６０５号明細書）に開示されているセンサと同様に、投影光学系ＰＬとは別に設けられる対物光学系を介してウエハ４上のアライメントマークに２光束を照射するオフ・アクシス方式としてもよい。
また、アライメントセンサ３が、ＴＴＬ方式（図１（ａ）の方式）、ＴＴＲ方式、又はオフ・アクシス方式の何れであっても、互いに波長が異なる複数組の２光束を用いてアライメントマークを検出するにように構成してもよい。この際に、第１組の２光束として波長が８００～１５００ｎｍの第１の単色光を用い、第２組の２光束として波長が５００～８００ｎｍの第２の単色光（例えば波長６３３ｎｍ、又は波長５４４ｎｍなど）を用いることが望ましい。そして、第１組、及び第２組の２光束でそれぞれアライメントマークを検出可能であるときは、アライメント信号処理系２１で組毎に検出されるアライメントマークの位置の一つ、若しくはその平均値、又は所定の信頼度（例えば各ビート信号の振幅）に応じて各検出値（マーク位置）毎に重み付けを行った加重平均値を用いることで、当該アライメントマークの位置を高精度に求めることができる。
一方、第１組及び第２組の２光束の一方のみによる検出が可能であるアライメントマーク、例えば本例のようにＳＴＩ工程で絶縁体が埋め込まれ、かつ表面にポリシリコン膜が形成されるアライメントマークでは、第１組の２光束を用いてそのマークの位置を求めるようにする。これにより、レイア毎に最適なアライメント光を用いることができ、フォトレジストなどにおける薄膜干渉の影響を大幅に低減して、アライメントマークの検出精度を向上させることが可能となる。
なお、その第２組の２光束として用いる第２の単色光は波長５００～８００ｎｍに限られるものではなく、例えば第１の単色光と波長が異なる８００～１５００ｎｍ内の単色光を用いてもよい。また、アライメントマークの検出に用いる２光束は２組に限られるものではなく、互いに波長が異なる３組以上であってもよい。更に、２光束に与える周波数差を組毎に僅かに異ならせるようにしてもよい。また、互いに波長が異なる複数組の２光束をそれぞれアライメントマークに照射する場合、光電検出器は組（波長）毎に用意して、アライメントセンサ３の光学系は共通に利用するようにしてもよいし、あるいは組毎に光学系を用意するようにしてもよい。更に、アライメントセンサをホモダイン干渉方式とした場合でも、同様に２組以上の互いに波長が異なる２光束を用いるようにしてもよい。

次に、本発明の第２の実施の形態につき図２及び図４を参照して説明する。本例も格子アライメント方式のアライメントセンサに本発明を適用したものであるが、本例のアライメントセンサは、アライメントマークに対して１本の光束を照射し、そのアライメントマークから異なる方向に発生する２本の回折光を検出する点が異なっている。

図２は、本例の投影露光装置を示し、図１に対応する部分に同一符号を付したこの図２において、投影光学系ＰＬの側方にＴＴＬ方式で、格子アライメント方式のアライメントセンサ３Ａが配置されている。アライメントセンサ３Ａにおいて、レーザ光源１から射出された波長８００～１５００ｎｍの単色のレーザビームよりなる光束Ｌ１は、整形光学系１１を経て所定の断面形状の光束Ｌ２に変換される。光束Ｌ２は、分岐用ミラー１４、光路折り曲げ用のミラー１５を経て、更に投影光学系ＰＬを介して、ウエハ４上のアライメントマーク２６に照射される。アライメントマーク２６は、上記の第１の実施の形態と同じく、凹部に絶縁体が埋め込まれて平坦化された回折格子状マークであり、かつポリシリコン膜、及びフォトレジストに覆われている。

本例では、アライメントマーク２６のピッチＰ、光束Ｌ２の波長λを用いて、アライメントマーク２６からは、入射する光束Ｌ２に対する＋１次回折光ＬＤＡ、及び－１次回折光ＬＤＢが次式で定まる回折角±θで対称に発生する。

$$\sin\theta = \lambda / P \qquad (2)$$

これらの回折光ＬＤＡ，ＬＤＢは、投影光学系ＰＬ、ミラー１５を介して集光レンズ１７に導かれ、集光レンズ１７によって回折光ＬＤＡ，ＬＤＢは基準格子１８上に所定の交差角で集光され、そこに干渉縞を形成する。基準格子１８は、そこに形成される干渉縞の強度分布のピッチと同一のピッチで透過部と遮光部とが周期的に形成された振幅型の回折格子である。その基準格子１８からは、回折光ＬＤＡの＋１次回折光と回折光ＬＤＢの－１次回折光とが平行に干渉光ＬＤＣとして発生し、干渉光ＬＤＣは光電検出器１６で受光される。光電検出器１６から出力される検出信号ＳＡは、アライメント信号処理系２１Ａに供給される。レーザ光源１０、整形光学系１１、及び分岐用ミラー１４～光電検出器１６よりアライメントセンサ３Ａが構成されている。

アライメント信号処理系２１Ａも、主制御系９の制御のもとでレーザ光源１０の発光タイミングを制御し、検出信号ＳＡからアライメントマーク２６の位置を検出する。即ち、基準格子１８上に形成される干渉縞の位置は、アライメントマーク２６の位置を反映し、その位置に応じて検出信号ＳＡの位相が変化するため、アライメント時に主制御系９は、一例としてウエハステージ６をＸ方向に駆動して、光束Ｌ２に対してアライメントマーク２６を相対的に走査する。これによって、検出信号ＳＡは、図４（ａ）に示すように時間ｔに対して正弦波状に変化する。そこで、アライメント信号処理系２１Ａで、所定の時点t_0での検出信号ＳＡの位相を検出することで、アライメントマーク２６の位置が検出される。

本例においても、光束Ｌ２の波長は８００～１５００ｎｍであるため、アライメントマーク２６を覆うポリシリコン膜を透過して、かつ高精度にそのアライメントマーク２６の位置を検出できる。

なお、本例において、ウエハステージ６の走査の代わりに、基準格子１８を走査したり、振動させてもよい。これによっても、光電検出器１６に受光された光束の強度を変化させることができ、結果としてアライメントマーク２６の位置を検出することができる。

次に本発明の第３の実施の形態につき図３を参照して説明する。本例は、図２の第２の実施の形態において、基準格子１８及び光電検出器１６を、図３（ａ）に示す撮像素子１９に置き換えたものであり、それ以外の光学系の変更は無い。図３（ａ）において、図２のアライメントマーク２６からの回折光ＬＤＡ，ＬＤＢは、集光レンズ１７によってＣＣＤ等の２次元の撮像素子１９の撮像面に集光されて、その撮像面上に図３（ｂ）に示すような干渉縞２０が形成される。干渉縞２０は、図２の基準格子１８上に形成される干渉縞と同じものであり、撮像素子１９の撮像信号ＳＢはアライメント信号処理系２１Ｂに供給され、アライメント信号処理系２１Ｂでは撮像信号ＳＢより干渉縞２０の位置（位相）を検出する。

即ち、撮像信号ＳＢは、図４（ｂ）に示すような正弦波信号となるが、この横軸は時間ｔではなく、アライメントマーク６の計測方向（Ｘ方向）に対応する撮像素子１９上の位置ｘである。そこで、アライメント信号処理系２１Ｂで、撮像面上の所定の基準点x_0での撮像信号ＳＢの位相を検出することで、アライメントマーク２６の位置が検出される。本例においても、アライメントマーク２６を覆うポリシリコン膜を透過して、かつ高精度にそのアライメントマーク２６の位置を検出できる。

なお、以上の第２、及び第３の実施の形態中では、アライメントセンサの光学系は、全て投影光学系をその一部として使用するＴＴＬ方式としたが、アライメントセンサの光学系を、投影光学系ＰＬとは全く別のオフ・アクシス方式として構成してもよい。例えばオフ・アクシス方式の場合には、独立に収差補正を行った対物レンズが使用できるため、検出光束を波長が８００～１５００ｎｍの範囲内の複数の単色光の組み合わせ、即ち複数波長の光束としてもよい。これによって、ウエハ上のフォトレジスト層等における薄膜干渉の影響が軽減される場合がある。

また、検出光束を、波長が８００～１５００ｎｍの第１の単色光と、波長が５００～８００ｎｍの第２の単色光との組み合わせとするか、又は本例のアライメントセンサ３Ａに対して、波長が５００～８００ｎｍの光束を使用する従来方式の格子アライメント方式のアライメントセンサとを併用するようにしてもよい。なお、その第２の単色光としては、波長が６３０～８００ｎｍの光束を使用してもよい。波長を６３０ｎｍ以上とすることで、Ｈｅ－Ｎｅレーザ（波長６３３ｎｍ）や赤色の半導体レーザ等の高出力で廉価な光源を使用して、通常の可視光を通過する膜で覆われたアライメントマークの位置を高いＳＮ比で高精度に検出できる。

また、特に図２の第２の実施の形態では、基準格子１８をレチクル２上に形成するものとし、ウエハ４とレチクルＲとをＴＴＲ（スルー・ザ・レチクル）方式で直接アライメントすることも可能である。

また、上記の第１～第３の実施の形態は、本発明を格子アライメント方式のアライメントセンサに適用したものであるが、例えばスリット状に集光されるレーザビームと、ドット列状の（一種の回折格子の）アライメントマークとを相対走査して、そのアライメントマークから発生する回折光を受光して位置検出を行うレーザ・ステップ・アライメント方式（ＬＳＡ方式）のアライメントセンサにも本発明を適用することができる。

次に、図５を参照して上記の実施の形態中で検出対象となっているアライメントマーク２６の形成方法の一例につき説明する。

［第１工程］

先ず、図５（ａ）に示すように、シリコン基板よりなるウエハ４の表面にフォトレジスト２２を塗布した後、露光装置を用いて所定のレチクルのパターンの像を露光する。その後、現像を行うことによって、図５（ｂ）に示すように、フォトレジスト２２中の回路パターン領域に対応する部分に所定幅のスペース部２２ａ～２２ｃを設け、アライメントマークに対応する部分により狭い幅のスペース部２２ｄをピッチＰ（図１（ｂ）参照）で複数個形成する。

［第２工程］

図５（ｂ）のウエハ４に対してフォトレジスト２２をマスクとしてエッチングを行った後に、フォトレジストを剥離することによって、図５（ｃ）に示すように、ウエハ４上の回路パターン領域に所定幅の凹部２３ａ～２３ｃを形成し、アライメントマーク領域により狭い幅の凹部２３ｄをピッチＰで複数個形成する。

［第３工程］

図５（ｄ）に示すように、ウエハ４の表面に二酸化ケイ素（SiO_2）等の誘電体よりなる絶縁膜２５を形成した後、絶縁膜２５の表面にＣＭＰプロセスを施すことによって、図５（ｅ）に示すように、ウエハ４の表面４ａが現れるまで絶縁膜２５を除去して平坦化する。この結果、ウエハ４の回路パターン領域では、凹部に絶縁体２５ａ～２５ｃを埋め込んだ形の回路パターン２９が形成され、アライメントマーク領域では、ピッチＰで形成された複数の凹部に絶縁体２５ｄを埋め込んだ形のアライメントマーク２６が形成される。

以上の第１工程～第３工程までがＳＴＩ（Ｓｈａｌｌｏｗ　Ｔｒｅｎｃｈ　Ｉｓｏｌａｔｉｏｎ）工程である。また、回路パターン２９内の絶縁体２５ａ～２５ｃは、隣接する微細素子を互いに絶縁する役割を果たしており、絶縁体２５ａ～２５ｃの間には、例えばこの前後の工程において、所定の微細回路パターンが形成される。

［第４工程］

図５（ｅ）のウエハ４の表面４ａの上層に例えばゲートを形成するような場合に、図５（ｆ）に示すように、表面４ａ上にポリシリコン膜２７を形成する。その後、ポリシリコン膜２７内に所定の回路パターンを形成するため、図５（ｇ）に示すように、ポリシリコン膜２７上にフォトレジスト２８を塗布する。この場合のアライメントマーク２６の状態が、図１（ｂ）のアライメントマーク２６と同じ状態であり、この後、例えば図１の投影露光装置を用いて重ね合わせ露光が行われる。

上記のように、本例のマーク形成方法によれば、ＳＴＩ（Ｓｈａｌｌｏｗ　Ｔｒｅｎｃｈ　Ｉｓｏｌａｔｉｏｎ）工程で回路パターンを形成するのと並行して、効率的にアライメントマーク２６を形成することができる。

なお、図５の説明ではウエハ４の表面に回路パターン２９と共にアライメントマーク２６を直接形成するものとしたが、ウエハ４上に積層される複数の層（レイア）の一つに、凹部に絶縁体などが埋め込まれるアライメントマークを形成してもよく、このアライメントマークに対しても本発明を適用して同様の効果を得ることができる。

また、上記の実施の形態の露光装置として、投影光学系を用いることなくマスクと基板とを近接させてマスクのパターンを露光するプロキシミディ方式の露光装置を使用する場合にも、本発明を適用することができる。また、露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適用できる。

また、上記の実施の形態の露光装置としては、露光光として軟Ｘ線等の極端紫外光（ＥＵＶ光）やＸ線を使用する露光装置、又は電子線を露光ビームとする電子線露光装置等も使用することができる。

更に、投影光学系を使用する場合、その倍率は縮小系のみならず等倍、又は拡大系の何れでもいい。そして、投影光学系としては、エキシマレーザ等の遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や蛍石等の遠紫外線を透過する材料を用い、F_2レーザやＸ線を用いる場合は反射屈折系又は反射系の光学系にすることになる（レチクルも反射型タイプのものを用いる）。また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズ及び偏向器からなる電子光学系を用いればいい。なお、電子線が通過する光路は真空状態にすることはいうまでもない。

また、上記の実施の形態の露光装置は、複数のレンズから構成される照明光学系、及び投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をすると共に、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより製造することができる。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

更に、例えば図１（ａ）のウエハ４を加工して半導体デバイスを製造する場合には、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、このステップに基づいたレチクルを製造するステップ、シリコン材料からウエハを制作するステップ、前述した実施の形態の露光装置によりアライメントを行いつつレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、及び検査ステップ等が実行される。

なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。また、明細書、特許請求の範囲、図面、及び要約を含む１９９７年１１月２０日付け提出の日本国特許出願第９－３１９２３９号の全ての開示内容は、そっくりそのまま引用して本願に組み込まれている。

産業上の利用の可能性

本発明のマーク検出方法によれば、位置合わせ用マークに対して、所定の波長域のコヒーレントな光束を照射しているため、可視光を透過しない膜（例えばポリシリコン層）の底面に平坦化された位置合わせ用マークが形成されている場合でも、その膜を透過して高精度にそのマークの位置を検出できる。従って、露光時、又は半導体素子の製造時等にこのマーク検出方法を使用して基板とマスクパターンとのアライメントを行うことによって、高い重ね合わせ精度が得られ、ひいては高機能の半導体素子等を高い歩留りで製造することができる。

この場合、その位置合わせ用マークに対して２本の互いにコヒーレントな光束を照射するか、又はその位置合わせ用マークに対して１本のコヒーレントな光束を照射して、その位置合わせ用マークから発生する１対の回折光を受光することによって、格子アライメント方式で高精度に位置検出が行われる。

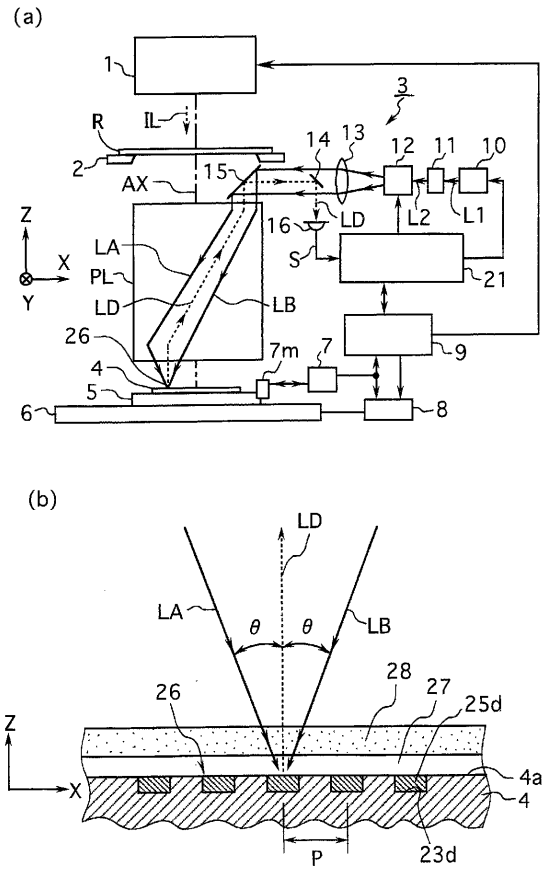
また、その位置合わせ用マークに対して１本のコヒーレントな光束を照射する場合に、その位置合わせ用マークから発生する１対の回折光を所定の回折格子上に所定の交差角で照射して、その回折格子から発生する回折光の光電変換信号を検出するか、又はその位置合わせ用マークから発生する１対の回折光を所定の観察面上に所定の交差角で照射して干渉縞の像を形成することによって、それぞれ時間基準、又は位置基準で高精度に位置検出を行うことができる。

また、本発明の位置検出装置によれば、本発明のマーク検出方法が使用できる。更に、本発明の露光装置によれば、本発明の位置検出装置を用いて、可視光を透過しない基板に露光を行う場合であっても高精度にアライメントを行うことができる。

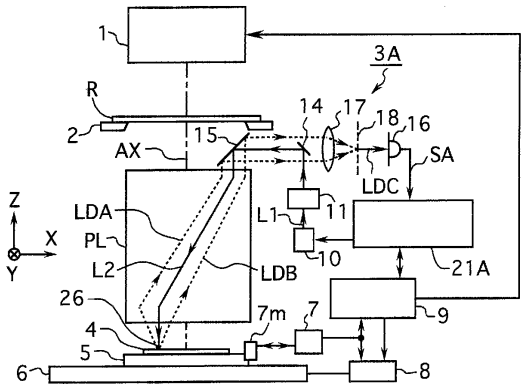
【図面の簡単な説明】

図１（ａ）は本発明の第１の実施の形態で使用される投影露光装置を示す概略構成図、図１（ｂ）は図１（ａ）内のアライメントマーク２６を示す拡大断面図である。図２は、本発明の第２の実施の形態で使用される投影露光装置を示す概略構成図である。図３（ａ）は本発明の第３の実施の形態のアライメントセンサの要部を示す図、図３（ｂ）は図３（ａ）の撮像素子１９上に形成される干渉縞を示す図である。図４（ａ）は図２の光電検出器１６から出力される検出信号ＳＡの一例を示す図、図４（ｂ）は図３（ａ）の撮像素子１９から出力される撮像信号ＳＢの一例を示す図である。図５は、本発明の実施の形態で検出対象となるアライメントマークの形成方法の一例を示す図である。

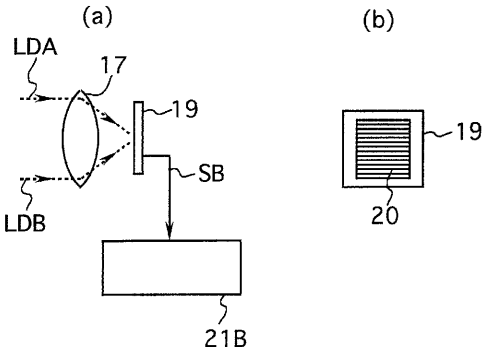
【図１】
図１



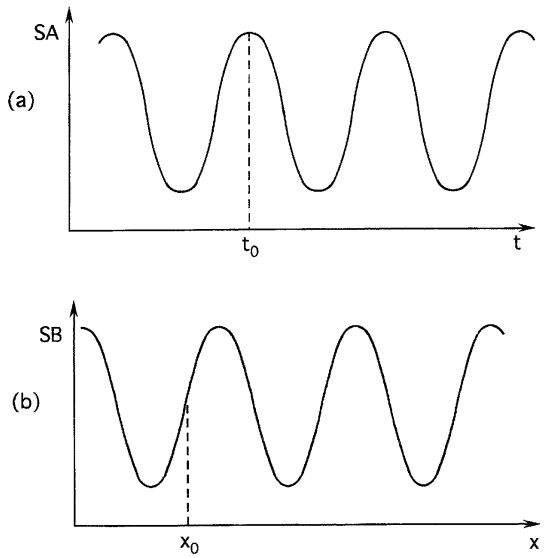
【図２】
図２



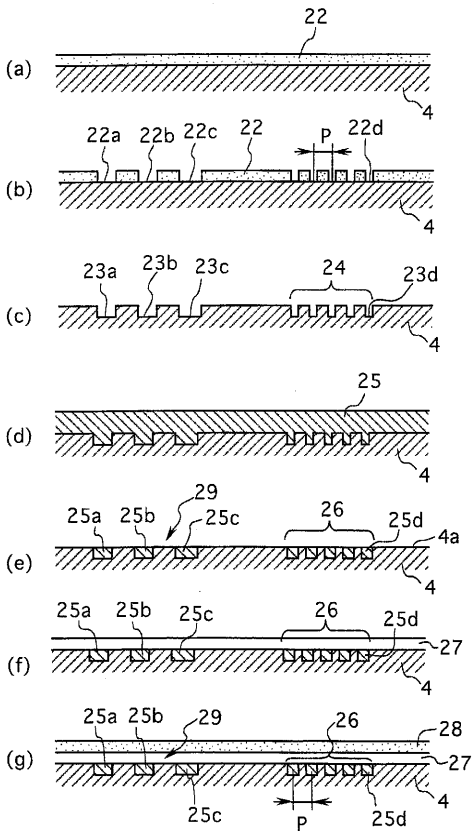
【図３】
図３



【図４】
図４



【図５】
図５



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
H01L 21/027
G03F 7/20