

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-237202

(P2010-237202A)

(43) 公開日 平成22年10月21日(2010.10.21)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)
GO1B	9/02	(2006.01)	GO1B 9/02	2F064
HO1L	21/027	(2006.01)	HO1L 21/30 515G	2F065
GO2B	5/30	(2006.01)	HO1L 21/30 516B	2H149
HO1L	21/68	(2006.01)	GO2B 5/30	5F031
GO1B	11/00	(2006.01)	HO1L 21/68 F	5F046

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 38 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-63722 (P2010-63722)
 (22) 出願日 平成22年3月19日 (2010. 3. 19)
 (31) 優先権主張番号 61/202, 715
 (32) 優先日 平成21年3月30日 (2009. 3. 30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和
 (72) 発明者 神谷 三郎
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 (72) 発明者 奥村 正彦
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 (72) 発明者 長山 匡
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

最終頁に続く

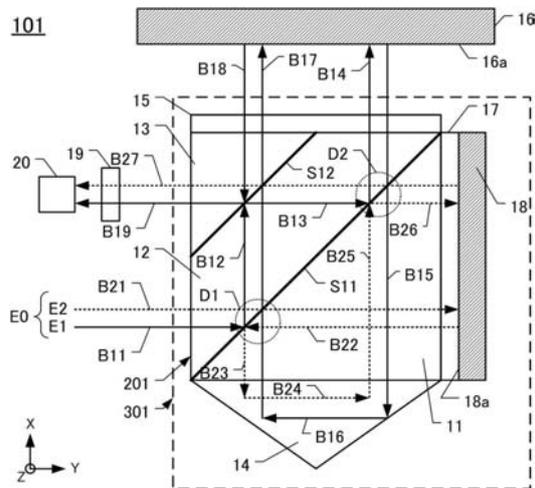
(54) 【発明の名称】 光学ユニット、干渉装置、ステージ装置、パターン形成装置およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 迷光の混入を防止して高精度に干渉計測を行うことのできる光学ユニットを提供する

【解決手段】 光学ユニット(301)は、相互に偏光面が直交する第1の偏光(E1)及び第2の偏光(E2)の一方を透過させて他方を反射させる第1偏光分離面(S11)及び第2偏光分離面(S12)を含み、第1ビーム及び第2ビームを相互に分離して異なる方向に射出させる偏光分離部(201)と、該第1ビームの偏光状態を変化させる第1偏光変換部(15)と、偏光分離部から射出した第2ビームを反射して偏光分離部に再入射させる固定反射部(18)と、該第2ビームの偏光状態を変化させる第2偏光変換部(17)と、第1ビーム及び第2ビームを、各々その入射位置と異なる射出位置から各々その入射方向に逆向きに射出させて偏光分離部に再入射させるリトロレフレクター(14)と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

相互に偏光面が直交する第 1 ビーム及び第 2 ビームを含む入力ビームを受光し、前記第 1 ビームを反射体に対して射出させ、該反射体を介した前記第 1 ビームを再受光して前記第 2 ビームとともに出力する光学ユニットであって、

相互に偏光面が直交する第 1 の偏光及び第 2 の偏光の一方を透過させて他方を反射させる第 1 偏光分離面及び第 2 偏光分離面を含み、前記第 1 ビーム及び前記第 2 ビームを相互に分離して異なる方向に射出させる偏光分離部と、

前記偏光分離部と前記反射体との間における前記第 1 ビームの光路に設けられ、該第 1 ビームの偏光状態を変化させる第 1 偏光変換部と、

前記偏光分離部から射出した前記第 2 ビームを反射して前記偏光分離部に再入射させる固定反射部と、

前記偏光分離部と前記固定反射部との間における前記第 2 ビームの光路に設けられ、該第 2 ビームの偏光状態を変化させる第 2 偏光変換部と、

前記偏光分離部を介して入射する前記第 1 ビーム及び前記第 2 ビームを、各々その入射位置と異なる射出位置から各々その入射方向に逆向きに射出させて、前記偏光分離部に再入射させるリトロレフレクターと、を備え、

前記第 1 偏光分離面及び前記第 2 偏光分離面は、前記反射体を介して前記偏光分離部に再入射した前記第 1 ビームと、前記固定反射部を介して前記偏光分離部に再入射した前記第 2 ビームとを、前記リトロレフレクターに入射させて該リトロレフレクター内を相互に逆向きに進行させるように、相互に平行に配置されている光学ユニット。

【請求項 2】

前記第 1 偏光分離面は、前記リトロレフレクターを未経由の前記第 1 ビーム及び前記リトロレフレクターを経由した前記第 1 ビームの両方を透過させ、前記第 2 偏光分離面は、前記リトロレフレクターを未経由の前記第 1 ビーム及び前記リトロレフレクターを経由した前記第 1 ビームの一方を透過させる請求項 1 に記載の光学ユニット。

【請求項 3】

前記第 1 偏光分離面は、前記リトロレフレクターを未経由の前記第 2 ビーム及び前記リトロレフレクターを経由した前記第 2 ビームの両方を透過させ、前記第 2 偏光分離面は、前記リトロレフレクターを未経由の前記第 2 ビーム及び前記リトロレフレクターを経由した前記第 2 ビームの一方を透過させる請求項 1 又は請求項 2 に記載の光学ユニット。

【請求項 4】

相互に偏光面が直交する第 1 ビーム及び第 2 ビームを含む入力ビームを受光し、前記第 1 ビームを反射体に対して射出させ、該反射体を介した前記第 1 ビームを再受光して前記第 2 ビームとともに出力する光学ユニットであって、

相互に偏光面が直交する第 1 の偏光及び第 2 の偏光の一方を透過させて他方を反射させる第 1 偏光分離面及び第 2 偏光分離面を含み、前記第 1 ビーム及び前記第 2 ビームを相互に分離して異なる方向に射出させる偏光分離部と、

前記偏光分離部と前記反射体との間における前記第 1 ビームの光路に設けられ、該第 1 ビームの偏光状態を変化させる第 1 偏光変換部と、

前記偏光分離部を介して入射する前記第 1 ビームをその入射位置と異なる射出位置からその入射方向に逆向きに射出させて前記偏光分離部に再入射させるリトロレフレクターと、を備え、

前記第 1 偏光分離面は、前記リトロレフレクターを未経由の前記第 1 ビーム及び前記リトロレフレクターを経由した前記第 1 ビームの両方を透過させ、

前記第 2 偏光分離面は、前記リトロレフレクターを未経由の前記第 1 ビーム及び前記リトロレフレクターを経由した前記第 1 ビームの一方を透過させる光学ユニット。

【請求項 5】

前記偏光分離部から射出した前記第 2 ビームを反射して前記偏光分離部に再入射させる固定反射部と、

10

20

30

40

50

前記偏光分離部と前記固定反射部との間における前記第2ビームの光路に設けられ、該第2ビームの偏光状態を変化させる第2偏光変換部と、を備え、

前記リトロレフレクターは、前記偏光分離部を介して入射する前記第2ビームをその入射位置と異なる射出位置からその入射方向に逆向きに射出させて前記偏光分離部に再入射させ、

前記第1偏光分離面は、前記リトロレフレクターを未経由の前記第2ビーム及び前記リトロレフレクターを経由した前記第2ビームの両方を透過させ、

前記第2偏光分離面は、前記リトロレフレクターを未経由の前記第2ビーム及び前記リトロレフレクターを経由した前記第2ビームの一方を透過させる請求項4に記載の光学ユニット。

10

【請求項6】

前記第1偏光分離面及び前記第2偏光分離面は、前記反射体を介して前記偏光分離部に再入射した前記第1ビームと、前記固定反射部を介して前記偏光分離部に再入射した前記第2ビームとを、前記リトロレフレクターに入射させて該リトロレフレクター内を相互に逆向きに進行させるように、相互に平行に配置されている請求項4又は請求項5に記載の光学ユニット。

【請求項7】

前記第1偏光分離面は、前記入力ビームを前記第1ビームと前記第2ビームとに分割し、前記第2偏光分離面は、前記リトロレフレクターを介した前記第1ビーム及び前記第2ビームの少なくとも一部を同軸に合成する請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の光学ユニット。

20

【請求項8】

前記第1偏光分離面は、前記入力ビームを前記第1ビームと前記第2ビームとに分割し、前記リトロレフレクターを介した前記第1ビーム及び前記第2ビームの少なくとも一部を同軸に合成する請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の光学ユニット。

【請求項9】

前記偏光分離部は、前記入力ビームを前記第1ビームと前記第2ビームとに分割して前記第1偏光分離面又は前記第2偏光分離面に平行又は略平行に入射させるビーム分割部を含む請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の光学ユニット。

【請求項10】

前記偏光分離部は、前記リトロレフレクターを介した前記第1ビーム及び前記第2ビームの少なくとも一部を同軸に合成して出力するビーム合成部を含む請求項9に記載の光学ユニット。

30

【請求項11】

前記偏光分離部における前記第1ビームの複数の射出面のうち前記反射体に対する射出面は、該射出面から射出する前記第1ビームに垂直な平面から傾けられている請求項1から請求項10のいずれか一項に記載の光学ユニット。

【請求項12】

前記第1偏光変換部における前記第1ビームの射出面は、該射出面から射出する前記第1ビームに垂直な平面から傾けられている請求項1から請求項11のいずれか一項に記載の光学ユニット。

40

【請求項13】

前記偏光分離部は、一体に接合された第1光学部ロック、第2光学部ロック及び第3光学ブロックを含み、

前記第1偏光分離面は、前記第1光学ブロックと前記第2光学ブロックとの接合面に設けられ、

前記第2偏光分離面は、前記第2光学ブロックと前記第3光学ブロックとの接合面に設けられる請求項1から請求項12のいずれか一項に記載の光学ユニット。

【請求項14】

前記第1偏光変換部及び前記リトロレフレクターの少なくとも一方は、前記偏光分離部

50

における前記第 1 ビームの複数の射出面のうち各々対向する射出面に接合されている請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか一項に記載の光学ユニット。

【請求項 1 5】

前記第 1 偏光変換部は、前記第 1 ビームにおける第 1 の偏光成分と第 2 の偏光成分との間に 90 度の整数倍の位相差を付与する請求項 1 から請求項 1 4 のいずれか一項に記載の光学ユニット。

【請求項 1 6】

請求項 1 から請求項 1 5 のいずれか一項に記載の光学ユニットと、

前記光学ユニットから出力された前記第 1 ビーム及び前記第 2 ビームを干渉させて干渉光を生成する干渉光生成部と、

を備える干渉装置。

10

【請求項 1 7】

前記干渉光生成部は検光子を含む請求項 1 6 に記載の干渉装置。

【請求項 1 8】

前記干渉光生成部は、前記検光子を透過した前記第 1 ビーム及び前記第 2 ビームを受光して伝送する光伝送素子を含む請求項 1 7 に記載の干渉装置。

【請求項 1 9】

相互に周波数が異なる前記第 1 ビーム及び前記第 2 ビームを出力する光源装置と、

前記光源装置から出力された前記第 1 ビーム及び前記第 2 ビームを前記干渉光学装置に入力する入力光学系と、

を備える請求項 1 6 から請求項 1 8 のいずれか一項に記載の干渉装置。

20

【請求項 2 0】

前記干渉光を光電検出する検出器を備える請求項 1 6 から請求項 1 9 のいずれか一項に記載の干渉装置。

【請求項 2 1】

前記検出器の出力信号に基づいて前記反射体の位置に関する情報を出力する信号処理部を備える請求項 2 0 に記載の干渉装置。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 に記載の干渉装置と、

前記反射体を保持し、前記干渉装置の検出結果に基づいて移動するステージと、

を備えるステージ装置。

30

【請求項 2 3】

請求項 2 1 に記載の干渉装置と、

基板及び前記反射体を一体的に保持し、前記干渉装置の検出結果に基づいて前記基板を移動させる移動機構と、

前記移動機構が保持する前記基板にパターンを転写する転写装置と、

を備えるパターン形成装置。

40

【請求項 2 4】

前記転写装置は、前記パターンを前記基板に露光する請求項 2 3 に記載のパターン形成装置。

【請求項 2 5】

請求項 2 3 又は請求項 2 4 に記載のパターン形成装置を用いて前記基板に前記パターンを形成することと、

前記パターンが形成された前記基板を該パターンに基づいて加工することと、

を含むデバイス製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、入力された第 1 ビーム及び第 2 ビームのうち第 1 ビームを反射体に対して射出し、反射体を介して再入射した第 1 ビームを第 2 ビームと共に出力する光学ユニット、

50

この光学ユニットを備える干渉装置、ステージ装置及びパターン形成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体素子、液晶表示素子等の電子デバイスの製造工程では、パターンが形成されたレチクルのパターン像を感光材が塗布された基板上に露光する露光装置が使用されている。特許文献1に開示される露光装置は、高精度な長さ計測を行うものとして干渉計システムを使用して、基板が載置されるステージの位置情報を正確に計測している。

【0003】

例えば特許文献2に示される干渉計システムは、固定鏡（又は参照鏡ともいう。）と偏光ビームスプリッターとの間の光路、及び移動鏡（反射体）と偏光ビームスプリッターとの間の光路を二往復させるダブルパス形式の干渉計を開示している。ステージ装置の位置情報をより高精度に検出するために移動鏡がステージの一部に載置される。干渉計システム内において固定鏡及び移動鏡にそれぞれ照射される参照ビームと計測ビームとが完全に分離されることが好ましいが、干渉計システム内で迷光が生じて相互に混入が起ることによって、移動鏡の位置情報に非線形誤差が生じることがある。これに対して、特許文献2に示される干渉計（干渉装置）は、入射ビームに対して固定鏡または移動鏡を一定角度傾けることにより、入射ビームに対する固定鏡の角度と移動鏡の角度とを相対的に異ならせることで、迷光の混入を防止し精密な計測を可能にする技術を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-349488号公報

【特許文献2】特開平11-125503号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、ステージ装置の駆動部によってステージを移動する際に、ステージを回転させる必要があるため、移動鏡は、入射ビームに対して一定角度を維持することができない。このため、入射ビームに対する固定鏡の角度と移動鏡の角度との相対差がゼロとなる場合が生じる。この場合、迷光の混入を防止することができず、ステージの位置情報を正確に計測することが困難であった。

そこで本発明の態様は、参照ビーム及び計測ビームへの迷光の混入を防止して高精度に干渉計測を行うことのできる光学ユニット、干渉装置、ステージ装置、パターン形成及びデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第1の態様によれば、相互に偏光面が直交する第1ビーム及び第2ビームを含む入力ビームを受光し、前記第1ビームを反射体に対して射出させ、該反射体を介した前記第1ビームを再受光して前記第2ビームとともに出力する光学ユニットであって、相互に偏光面が直交する第1の偏光及び第2の偏光の一方を透過させて他方を反射させる第1偏光分離面及び第2偏光分離面を含み、前記第1ビーム及び前記第2ビームを相互に分離して異なる方向に射出させる偏光分離部と、前記偏光分離部と前記反射体との間における前記第1ビームの光路に設けられ、該第1ビームの偏光状態を変化させる第1偏光変換部と、前記偏光分離部から射出した前記第2ビームを反射して前記偏光分離部に再入射させる固定反射部と、前記偏光分離部と前記固定反射部との間における前記第2ビームの光路に設けられ、該第2ビームの偏光状態を変化させる第2偏光変換部と、前記偏光分離部を介して入射する前記第1ビーム及び前記第2ビームを、各々その入射位置と異なる射出位置から各々その入射方向に逆向きに射出させて、前記偏光分離部に再入射させるリトロレフレクターと、を備え、前記第1偏光分離面及び前記第2偏光分離面は、前記反射体を介して前記偏光分離部に再入射した前記第1ビームと、前記固定反射部を介して前記偏光分

離部に再入射した前記第 2 ビームとを、前記リトロレフレクターに入射させて該リトロレフレクター内を相互に逆向きに進行させるように、相互に平行に配置されている光学ユニットが提供される。

【0007】

本発明の第 2 の態様によれば、相互に偏光面が直交する第 1 ビーム及び第 2 ビームを含む入力ビームを受光し、前記第 1 ビームを反射体に対して射出させ、該反射体を介した前記第 1 ビームを再受光して前記第 2 ビームとともに出力する光学ユニットであって、相互に偏光面が直交する第 1 の偏光及び第 2 の偏光の一方を透過させて他方を反射させる第 1 偏光分離面及び第 2 偏光分離面を含み、前記第 1 ビーム及び前記第 2 ビームを相互に分離して異なる方向に射出させる偏光分離部と、前記偏光分離部と前記反射体との間における前記第 1 ビームの光路に設けられ、該第 1 ビームの偏光状態を変化させる第 1 偏光変換部と、前記偏光分離部を介して入射する前記第 1 ビームをその入射位置と異なる射出位置からその入射方向に逆向きに射出させて前記偏光分離部に再入射させるリトロレフレクターと、を備え、前記第 1 偏光分離面は、前記リトロレフレクターを未経由の前記第 1 ビーム及び前記リトロレフレクターを経由した前記第 1 ビームの両方を透過させ、前記第 2 偏光分離面は、前記リトロレフレクターを未経由の前記第 1 ビーム及び前記リトロレフレクターを経由した前記第 1 ビームの一方を透過させる光学ユニットが提供される。

10

【0008】

本発明の第 3 の態様によれば、本発明の第 1 又は第 2 の態様にかかる光学ユニットと、前記光学ユニットから出力された前記第 1 ビーム及び前記第 2 ビームを干渉させて干渉光を生成する干渉光生成部と、を備える干渉装置が提供される。

20

【0009】

本発明の第 4 の態様によれば、本発明の第 4 の態様にかかる干渉装置と、前記反射体を保持し、前記干渉装置の検出結果に基づいて移動するステージと、を備えるステージ装置が提供される。

【0010】

本発明の第 5 の態様によれば、本発明の第 4 の態様にかかる干渉装置と、基板及び前記反射体を一体的に保持し、前記干渉装置の検出結果に基づいて前記基板を移動させる移動機構と、前記移動機構が保持する前記基板にパターンを転写する転写装置と、を備えるパターン形成装置が提供される。

30

【0011】

本発明の第 6 の態様によれば、本発明の第 5 の態様にかかるパターン形成装置を用いて前記基板に前記パターンを形成することと、前記パターンが形成された前記基板を該パターンに基づいて加工することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0012】

本発明の態様によれば、参照ビーム及び計測ビームへの迷光の混入を防止して高精度に干渉計測を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図 1】第 1 の実施例の干渉装置 101 を示した平面図である。

【図 2】第 1 の実施例の干渉装置 101 を示した平面図であり、入力ビーム E0 の入射位置と検光子 19 及び検出器 20 の配置位置とを逆にした例である。

【図 3】第 2 の実施例の干渉装置 102 を示した平面図である。

【図 4】第 3 の実施例の干渉装置 103 を示した平面図である。

【図 5】第 3 の実施例の干渉装置 103 を示した平面図であり、入力ビーム E0 の入射位置と検光子 19 及び検出器 20 の配置位置とを逆にした例である。

【図 6】第 4 の実施例の干渉装置 104 を示した平面図である。

【図 7】第 5 の実施例の干渉装置 105 を示した平面図である。

【図 8】第 6 の実施例の干渉装置 106 を示した平面図である。

40

50

【図 9】第 7 の実施例の干渉装置 107 を示した平面図である。

【図 10】第 8 の実施例の干渉装置 108 を示した平面図である。

【図 11】第 1 の実施例の干渉装置 101 を構成するブロック形状が異なる別例を示した図である。

【図 12】第 1 の実施例の干渉装置 101 を構成するブロック形状が異なる別例を示した図である。

【図 13】計測ビーム E1 及び参照ビーム E2 は入射範囲を説明するための図である。

【図 14】ビーム分割部 BS1 とビーム合成部 BS2 とを有する干渉装置 111 を示した平面図である。

【図 15】露光装置を示す概略構成図である。

10

【図 16】ステージ装置の斜視図である。

【図 17】干渉システムのレーザ光源で X 軸用干渉装置及び Y 軸用干渉装置に光束を照射する光路図である。

【図 18】半導体デバイスの製造方法を示したフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

(第 1 の実施例)

< 干渉装置 101 について >

第 1 の実施例の干渉装置 101 について、図 1 を参照しながら説明する。図 1 は第 1 の実施例の干渉装置 101 を示した平面図である。図 1 に示された干渉装置 101 は、例えば X 軸方向に移動できる移動鏡 16 の X 軸方向の位置情報 (距離) を計測する。

20

【0015】

<< 干渉装置 101 の構成 >>

図 1 に示されたように、干渉装置 101 は平面視で正形状の偏光分離素子 201 と、リトロレфлекター (retroreflector) 14 と、偏光変換素子としての二つの $1/4$ 波長板 ($1/4$ 板) 15、17 と、固定反射部としての参照鏡 18 と、を有する光学ユニット 301 を備える。さらに、干渉装置 101 は受光部として検光子 19 及び検出器 20 を備える。

【0016】

偏光分離素子 201 は第 1 ブロック 11、第 2 ブロック 12 及び第 3 ブロック 13 から構成される。第 1 ブロック 11 は Z 軸方向に柱状の三角柱形状を有するが理解しやすくするため、以下、図 1 に示される XY 平面で説明する。

30

【0017】

第 1 ブロック 11 はその側面形状 (XY 平面に沿った形状) が直角二等辺三角形のガラスブロック (光学ブロック) であり、第 2 ブロック 12 はその側面形状が台形状のガラスブロックであり、第 3 ブロック 13 はその側面形状が直角二等辺三角形のガラスブロックである。図 1 に示されるように、第 2 ブロック 12 を第 1 ブロック 11 と第 3 ブロック 13 との間に挟んで構成される。第 1 ブロック 11 と第 2 ブロック 12 との接合面には第 1 偏光分離面 S11 としての誘電体多層膜が形成されている。また、第 2 ブロック 12 と第 3 ブロック 13 との接合面には第 2 偏光分離面 S12 としての誘電体多層膜が形成されている。第 1 偏光分離面 S11 及び第 2 偏光分離面 S12 は、それぞれ P 偏光を透過させて S 偏光を反射させることができ、すなわち、偏光方向 (偏光面) が相互に直交する S 偏光のビームと P 偏光のビームとを分離して異なる方向に進行させることができる。

40

【0018】

図 1 に示された偏光分離素子 201 において、第 1 偏光分離面 S11 は偏光分離素子 201 の対角線と一致し、第 2 偏光分離面 S12 は第 1 偏光分離面 S11 に平行で、且つ XY 平面に沿って第 1 偏光分離面 S11 の半分の長さである。なお、第 1 偏光分離面 S11 と第 2 偏光分離面 S12 とが平行であるとは、第 1 偏光分離面 S11 と第 2 偏光分離面 S12 とが厳密に平行である (相対角度が 0 である) 場合に限定されず略平行な場合を含むものであるが、例えば、その相対角度は $15 \mu\text{rad}$ 以下であることが好ましい。

50

【 0 0 1 9 】

リトロレフレクター 1 4 は、3 枚の反射面を互いに直角に組み合わせて構成されている。リトロレフレクター 1 4 は、平板を組み合わせた中空の構造でもよく又は一般にコーナーキューブと呼ばれるプリズム状の構造でもよい。リトロレフレクター 1 4 は、入射ビームを 3 枚の反射面によって順次反射し、その入射ビームの入射位置と異なる射出位置から、入射ビームと平行且つ逆向きに射出する。このリトロレフレクター 1 4 は、第 1 ブロック 1 1 の一面側に配置され、偏光分離素子 2 0 1 に密着（接合）されてもよいし、離れて設けられてもよい。なお、図 1 ではリトロレフレクター 1 4 は、簡易的に 3 枚の反射面ではなく 2 面の反射面によって示されている。

【 0 0 2 0 】

1 / 4 波長板 1 5 は偏光分離素子 2 0 1 の + X 側に配置され、1 / 4 波長板 1 7 は偏光分離素子 2 0 1 の + Y 側に配置されている。また、1 / 4 波長板 1 5、1 7 は偏光分離素子 2 0 1 に密着（接合）されてもよいし、離れて設けられてもよい。移動鏡 1 6 の反射面 1 6 a は 1 / 4 波長板 1 5 から + X 側に離れて設けられ、参照鏡 1 8 はその反射面 1 8 a が 1 / 4 波長板 1 7 の + Y 側に接合されている。なお、参照鏡 1 8（反射面 1 8 a）は、1 / 4 波長板 1 7 の + Y 側の面に形成（例えば蒸着）されてもよく、あるいは 1 / 4 波長板 1 7 の + Y 側に離れて配置されてもよい。また、1 / 4 波長板 1 5、1 7 は、複数の波長板によって構成可能であり、例えば 2 つの / 8 板（1 / 8 波長板）を組み合わせて構成してもよい。より一般的には、1 / 4 波長板 1 5、1 7 に代えて、入射したビームにおける第 1 の偏光成分とこれに直交する第 2 の偏光成分との間に 9 0 度の位相差を付与する光学素子（もしくは素子群）とすることができる。

【 0 0 2 1 】

また、検光子 1 9 は所定方向の直線偏光を抽出する偏光子であり、S 偏光のビームと P 偏光のビームとから同一方向の偏光成分を抽出して干渉光（干渉する 2 ビーム）を生成する。検出器 2 0 は干渉光を光電検出し、干渉光の干渉情報（強度情報及び位相情報の少なくとも一方）を検出して出力するセンサである。第 1 の実施例では、偏光分離素子 2 0 1 の射出面（図 1 中、第 3 ブロック 1 3 の左側面）から検光子 1 9 及び検出器 2 0 が順次配置され、検光子 1 9 を通過した干渉光は検出器 2 0 に入射する。干渉装置 1 0 1 は、図 1 に不図示の信号処理部を備え、この信号処理部によって、検出器 2 0 の検出情報（出力信号）に基づいて移動鏡 1 6（反射面 1 6 a）の位置に関する情報（距離）を出力することができる。

以下、図 1 に示された干渉装置 1 0 1 の光路について説明する。

【 0 0 2 2 】

<< 干渉装置 1 0 1 内での光路：第 1 例 >>

干渉装置 1 0 1 内での光路について説明する。

本明細書に添付される図面（図 1 ~ 図 1 2）では理解を容易にするため、計測ビーム E 1 と参照ビーム E 2 とを横ずれさせて描いてある。しかし、実際には計測ビーム E 1 と参照ビーム E 2 とは少なくとも一部が同軸に重なった入力ビーム E 0 となっている。

【 0 0 2 3 】

波長（周波数）が僅かに異なり偏光方向が相互に直交する計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 が、- Y 軸方向から干渉装置 1 0 1 の偏光分離素子 2 0 1 に入射される。図 1 では、計測ビーム E 1 は S 偏光で、参照ビーム E 2 は P 偏光であり、入力ビーム E 0 は第 2 ブロック 1 2 の - Y 軸方向の側面から偏光分離素子 2 0 1 に垂直に入射する。以下、ビームの光路について、計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 を分けて詳述する。

【 0 0 2 4 】

まず、計測ビーム E 1 について説明する。偏光分離素子 2 0 1 の第 2 ブロック 1 2 に入射されたビーム B 1 1 は、第 1 偏光分離面 S 1 1 に対して S 偏光であり、第 1 偏光分離面 S 1 1 に反射され、+ X 軸方向に向かうビーム B 1 2 になる。ビーム B 1 2 は第 1 偏光分離面 S 1 1 の + X 軸方向に設けられた第 2 偏光分離面 S 1 2 に反射されて再び + Y 軸方向に向い、ビーム B 1 3 になる。ビーム B 1 3 もビーム B 1 1 と同様に第 1 偏光分離面 S 1

10

20

30

40

50

1に反射され、+X軸方向に向かうビームB14になって1/4波長板15に入射する。そして、1/4波長板15を通過したビームB14は反射面16aに反射されて、例えば反射面16aがY軸に平行に配置されている場合に-X軸方向に向かうビームB15になり、ビームB15は再び1/4波長板15に入射し1/4波長板15を通過する。

【0025】

このとき、計測ビームE1は1/4波長板15を二度通過しているため、偏光方向が90度回転し、ビームB15は偏光分離素子201に対してP偏光となっている。したがって、ビームB15は第1偏光分離面S11をそのまま通過し、リトロレフレクター14に入射する。ビームB15はリトロレフレクター14内をビームB16として透過した後、ビームB15と平行で逆向きのビームB17になって、ビームB15の入射位置と異なる射出位置から射出され、再び偏光分離素子201に入射する。ここで、ビームB17は概ねP偏光であるので、そのほとんどが第1偏光分離面S11及び第2偏光分離面S12を通過し再び1/4波長板15に入射する。そして、1/4波長板15を通過したビームB17は反射面16aに反射されて-X軸方向に向かうビームB18になり、ビームB18は再び1/4波長板15に入射し1/4波長板15を通過する。

10

【0026】

このとき、計測ビームE1は再び1/4波長板15を二度通過しているため、偏光方向が90度回転し、ビームB18は偏光分離素子201に対してS偏光に戻る。したがって、ビームB18は第2偏光分離面S12に反射され、最初のビームB11と反対方向に向かうビームB19になって偏光分離素子201から射出する。この偏光分離素子201から射出されたビームB19は、検光子19を通過して検出器20に入射する。

20

【0027】

次に、参照ビームE2について説明する。偏光分離素子201の第2ブロック12に入射されたビームB21は、第1偏光分離面S11に対してP偏光であり、第1偏光分離面S11を通過し、1/4波長板17に入射する。そして、1/4波長板17を通過したビームB21は参照鏡18の反射面18aに反射されて-Y軸方向に向かうビームB22になり、ビームB22は1/4波長板17に入射し1/4波長板17を通過する。

【0028】

このとき、参照ビームE2は1/4波長板17を二度通過しているため、偏光方向が90度回転し、ビームB22は偏光分離素子201に対してS偏光となっている。したがって、ビームB22は第1偏光分離面S11に反射され、-X軸方向に向かうビームB23になってリトロレフレクター14に入射する。ビームB23はリトロレフレクター14内をビームB24として透過した後、ビームB23と平行で逆向きのビームB25になって、ビームB23の入射位置と異なる射出位置から射出され、再び偏光分離素子201に入射する。ここで、ビームB25は概ねS偏光であるので、そのほとんどが第1偏光分離面S11に反射され、+Y軸方向に向かうビームB26になって再び1/4波長板17に入射する。そして、1/4波長板17を通過したビームB26は反射面18aに反射されて-Y軸方向に向かうビームB27になり、ビームB27は再び1/4波長板17に入射し1/4波長板17を通過する。

30

【0029】

このとき、参照ビームE2は再び1/4波長板17を二度通過しているため、偏光方向が90度回転し、ビームB27は偏光分離素子201に対してP偏光に戻る。したがって、ビームB27は第1偏光分離面S11及び第2偏光分離面S12を通過し、偏光分離素子201から射出する。その後、偏光分離素子201から射出されたビームB27は、検光子19を通過して検出器20に入射する。

40

【0030】

ビームB19、B27は、少なくとも一部が同軸に重なった状態で偏光分離素子201(第3ブロック13)から射出されて検光子19を通過する。そして、干渉光生成部としての検光子19によりビームB19、B27からそれぞれ抽出された同一方向の2つの直線偏光が、干渉光として検出器20に入射して光電検出される。なお、検光子19と検出

50

器 20 との間の光路に光ファイバ等を用いた光伝送素子を設け、検光子 19 によって抽出された 2 つの直線偏光をその光伝送素子を介して検出器 20 に入射させてもよい。この場合、その光伝送素子と検光子 19 とによって干渉光生成部が構成される。

【0031】

一般には、計測ビーム E1 及び参照ビーム E2 は、リトロレフレクター 14 内で 3 回反射される際に偏光状態が変化し、例えば直線偏光から楕円偏光に変化する。第 1 の実施例では、上述したように、第 1 偏光分離面 S11 及び第 2 偏光分離面 S12 を設けることで、リトロレフレクター 14 内での計測ビーム E1 (ビーム B16) と参照ビーム E2 (ビーム B24) との進行方向が逆向きになっている。これにより、リトロレフレクター 14 から射出したビームから生じる迷光が干渉光に混入することを防止することができる。

10

【0032】

詳述すると次のとおりである。まずリトロレフレクター 14 から射出する計測ビーム E1 のビーム B17 について説明する。円 D1 で囲まれた箇所において、ビーム B17 の S 偏光成分は、第 1 偏光分離面 S11 で反射されて迷光として +Y 軸方向に進み、1/4 波長板 17 を 2 回通過することによって P 偏光成分となる。このため、この迷光は第 1 偏光分離面 S11 を透過して、入力ビーム E0 と逆向きに光源側に進むことが分かる。このため、円 D1 の箇所で反射されたビーム B17 からの迷光は検出器 20 に入射しない。

【0033】

次に、リトロレフレクター 14 から射出する参照ビーム E2 のビーム B25 について説明する。円 D2 で囲まれた箇所において、ビーム B25 の P 偏光成分は第 1 偏光分離面 S11 を通過して迷光として +X 軸方向に進む。この透過した迷光は、1/4 波長板 15 を透過して円偏光となり反射面 16a に向かう。反射面 16a で反射された迷光は、再度 1/4 波長板 15 を透過して S 偏光になり、第 1 偏光分離面 S11 および第 2 偏光分離面 S12 で順次反射されて光源側に進むことが分かる。したがって、円 D2 の箇所で透過したビーム B15 からの迷光は検出器 20 に入射しない。

20

【0034】

<<干渉装置 101 内での光路：第 2 例>>

図 2 は、第 1 の実施例の干渉装置 101 を示した平面図であり、入力ビーム E0 の入射位置と検光子 19 及び検出器 20 の配置位置とを逆にした例を示している。図 2 では、入力ビーム E0 と第 2 偏光分離面 S12 との関係において計測ビーム E1 は S 偏光で、参照ビーム E2 は P 偏光であり、入力ビーム E0 は第 3 ブロック 13 の -Y 軸方向の側面から偏光分離素子 201 に垂直に入射する。

30

【0035】

図 2 に示されるように、第 1 の実施例の干渉装置 101 に対して、入力ビーム E0 の入射位置と検光子 19 及び検出器 20 の配置位置とを逆にしても、すなわち、計測ビーム E1 及び参照ビーム E2 の偏光分離素子 201 に対する入力位置と出力位置との関係を逆にしても、リトロレフレクター 14 内での計測ビーム E1 (ビーム B14') と参照ビーム E2 (ビーム B24') との進行方向が逆向きになっている。これにより、図 1 に示した場合と同様に、リトロレフレクター 14 から射出したビームから生じる迷光が干渉光に混入することを防止することができる。

40

【0036】

詳述すると次のとおりである。まずリトロレフレクター 14 から射出する計測ビーム E1 のビーム B15' について説明する。円 D2 で囲まれた箇所において、ビーム B15' の S 偏光成分は、第 1 偏光分離面 S11 で反射されて迷光として +Y 軸方向に進み、1/4 波長板 17 を 2 回通過することによって P 偏光成分となる。このため、この迷光は第 1 偏光分離面 S11 及び第 2 偏光分離面 S12 を順次透過して、入力ビーム E0 と逆向きに光源側に進むことが分かる。このため、円 D2 の箇所で反射されたビーム B15' からの迷光は検出器 20 に入射しない。

【0037】

次に、リトロレフレクター 14 から射出する参照ビーム E2 のビーム B25' について

50

説明する。円D1で囲まれた箇所において、ビームB25'のP偏光成分は第1偏光分離面S11を通過して迷光として+X軸方向に進む。この透過した迷光は、第2偏光分離面S12及び1/4波長板15を透過して円偏光となり反射面16aに向かう。反射面16aで反射された迷光は、再度1/4波長板15を透過してS偏光になり、第2偏光分離面S12で反射されて光源側に進むことが分かる。したがって、円D1の箇所で透過したビームB25'からの迷光は検出器20に入射しない。

【0038】

(第2の実施例)

第2の実施例の干渉装置102について、図3を参照しながら説明する。図3は第2の実施例の干渉装置102を示した平面図である。図3に示された干渉装置102は、例えばY軸方向に移動できる移動鏡16のY軸方向の位置情報(距離)を計測する。

10

【0039】

<<干渉装置102の構成>>

図3に示されたように、干渉装置102は平面視で正方形の偏光分離素子201と、リトロレフレクター14と、二つの1/4波長板(1/4板)15、17と、参照鏡18と、を有する光学ユニット302を備える。さらに、干渉装置102は受光部として検光子19及び検出器20を備える。図3で示された干渉装置102と図1で示された干渉装置101とは、移動鏡16と参照鏡18との配置位置が逆になっている。

【0040】

偏光分離素子201は、図1で示された偏光分離素子と同じであり、第1ブロック11、第2ブロック12及び第3ブロック13から構成される。そして、1/4波長板15は偏光分離素子201の+Y側に配置され、1/4波長板17は偏光分離素子201の+X側に配置されている。そして、移動鏡16の反射面16aは1/4波長板15から+Y側に離れて設けられ、参照鏡18は1/4波長板17の+X側に配置されている。なお、1/4波長板15、17は、複数の波長板によって構成可能である。他の構成については、図1で示された干渉装置101と同じであり、説明を割愛する。

20

【0041】

<<干渉装置102内での光路>>

波長(周波数)が僅かに異なり偏光方向が相互に直交する計測ビームE1及び参照ビームE2が、-Y軸方向から干渉装置102の偏光分離素子201に入射される。図1では入力ビームE0と第1偏光分離面S11との関係において、計測ビームE1がS偏光で参照ビームE2がP偏光であったが、図3では、計測ビームE1はP偏光で参照ビームE2はS偏光であり、偏光方向が入れ替わっている。入力ビームE0は第2ブロック12の-Y軸方向の側面から偏光分離素子201に垂直に入射する。

30

【0042】

図3に示されるように、第2の実施例の干渉装置102においても、リトロレフレクター14内での計測ビームE1(ビームB14")と参照ビームE2(ビームB26")との進行方向が逆向きになっている。これにより、第1の実施例と同様に、リトロレフレクター14から射出したビームから生じる迷光が干渉光に混入することを防止することができる。

40

【0043】

詳述すると次のとおりである。まずリトロレフレクター14から射出する計測ビームE1のビームB15"について説明する。円D2で囲まれた箇所において、ビームB15"のP偏光成分は、第1偏光分離面S11を通過して迷光として+X軸方向に進み、1/4波長板17を2回通過することによってS偏光成分となる。このため、この迷光は第1偏光分離面S11及び第2偏光分離面S12で順次反射されて、入力ビームE0と逆向きに光源側に進むことが分かる。このため、円D2の箇所で反射されたビームB15"からの迷光は検出器20に入射しない。

【0044】

次に、リトロレフレクター14から射出する参照ビームE2のビームB27"について

50

説明する。円D1で囲まれた箇所において、ビームB27”のS偏光成分は第1偏光分離面S11で反射して迷光として+Y軸方向に進む。この透過した迷光は、1/4波長板15を透過して円偏光となり反射面16aに向かう。反射面16aで反射された迷光は、再度1/4波長板15を透過してP偏光になり、第1偏光分離面S11を透過して光源側に進むことが分かる。したがって、円D1の箇所で透過したビ-ムB27”からの迷光は検出器20に入射しない。

【0045】

(第3の実施例)

第3の実施例の干渉装置103について、図4を参照しながら説明する。図4は第3の実施例の干渉装置103を示した平面図である。図4に示された干渉装置103も、例えばX軸方向に移動できる移動鏡16が設けられX軸方向の位置情報(距離)を計測する。

10

【0046】

<<干渉装置103の構成>>

図4に示されたように、干渉装置103は平面視で正方形の偏光分離素子202と、リトロレフレクター14と、二つの1/4波長板15、17と、参照鏡18と、を有する光学ユニット303を備える。さらに、干渉装置103は受光部として検光子19及び検出器20を備える。

【0047】

偏光分離素子202は第1ブロック21、第2ブロック22及び第3ブロック23から構成される。第1ブロック21はその側面形状が直角二等辺三角形のガラスブロック(光学ブロック)であり、第2ブロック22はその側面形状が台形形状のガラスブロックであり、第3ブロック23はその側面形状が直角二等辺三角形のガラスブロックである。図3に示されるように、第2ブロック22を第1ブロック21と第3ブロック23との間に挟んで構成される。第1ブロック21と第2ブロック22との接合面には第1偏光分離面S21としての誘電体多層膜が形成されている。また、第2ブロック22と第3ブロック23との接合面には第2偏光分離面S22としての誘電体多層膜が形成されている。第1偏光分離面S21及び第2偏光分離面S22は、それぞれP偏光を透過させてS偏光を反射させることができ、すなわち、偏光方向(偏光面)が相互に直交するS偏光のビームとP偏光のビームとを分離して異なる方向に進行させることができる。

20

【0048】

第3の実施例では、第1偏光分離面S21は偏光分離素子202の対角線と一致し、第2偏光分離面S22は、第1偏光分離面S21に平行で、且つXY平面に沿って第1偏光分離面S21の半分の長さである。ここで、第1の実施例との相違点は、第1の実施例の干渉装置101, 102では、入力ビームE0が第2ブロック12又は第3ブロック13に入射するが、第3の実施例の干渉装置103では、入力ビームE0が第1ブロック21から入射する。

30

【0049】

リトロレフレクター14、1/4波長板15、1/4波長板17、移動鏡16、参照鏡18、検光子19及び検出器20の構成は、図1で説明した第1の実施例と同じものであるため、その説明を省略する。

40

【0050】

<<干渉装置103内での光路：第1例>>

干渉装置103内での光路について図4を参照しながら説明する。偏光方向が相互に直交する計測ビームE1及び参照ビームE2を含む入射ビームE0が-Y軸方向から干渉装置103の偏光分離素子202に入射される。なお、偏光分離面S21と入射ビームE0との関係において、計測ビームE1はS偏光で、参照ビームE2はP偏光であり、計測ビームE1及び参照ビームE2は第1ブロック21の-Y軸方向の側面から偏光分離素子202に垂直に入射する。以下、ビームの光路について、計測ビームE1及び参照ビームE2の光路を分けて説明する。

【0051】

50

まず、計測ビーム E 1 について説明する。偏光分離素子 2 0 2 の第 1 ブロック 2 1 に入射されたビーム B 3 1 は第 1 偏光分離面 S 2 1 に反射され、+ X 軸方向に向かうビーム B 3 2 になって 1 / 4 波長板 1 5 に入射する。そして、1 / 4 波長板 1 5 を通過したビーム B 3 2 は移動鏡 1 6 の反射面 1 6 a に反射されて、例えば反射面 1 6 a が Y 軸に平行に配置されている場合に、- X 軸方向に向かうビーム B 3 3 になり、ビーム B 3 3 は再び 1 / 4 波長板 1 5 に入射し 1 / 4 波長板 1 5 を通過する。

【 0 0 5 2 】

このとき、計測ビーム E 1 は 1 / 4 波長板 1 5 を二度通過しているため、偏光方向が 9 0 度回転し、ビーム B 3 3 は偏光分離素子 2 0 2 に対して P 偏光となっている。したがって、ビーム B 3 3 は第 1 偏光分離面 S 2 1 及び第 2 偏光分離面 S 2 2 をそのまま通過し、
10
リトロレフレクター 1 4 に入射する。ビーム B 3 3 はリトロレフレクター 1 4 内をビーム B 3 4 として通過した後、ビーム B 3 3 と平行で逆向きのビーム B 3 5 になって、ビーム B 3 3 の入射位置と異なる射出位置から射出され、再び偏光分離素子 2 0 2 に入射する。ここで、ビーム B 3 5 は概ね P 偏光であるので、そのほとんどが第 1 偏光分離面 S 2 1 を通過し再び 1 / 4 波長板 1 5 に入射する。そして、1 / 4 波長板 1 5 を通過したビーム B 3 5 は移動鏡 1 6 に反射されて - X 軸方向に向かうビーム B 3 6 になり、ビーム B 3 6 は再び 1 / 4 波長板 1 5 に入射し 1 / 4 波長板 1 5 を通過する。

【 0 0 5 3 】

このとき、計測ビーム E 1 は再び 1 / 4 波長板 1 5 を二度通過しているため、偏光方向が 9 0 度回転し、ビーム B 3 6 は偏光分離素子 2 0 2 に対して S 偏光に戻る。したがって、
20
ビーム B 3 6 は第 1 偏光分離面 S 2 1 に反射され、最初のビーム B 3 1 と反対方向のビーム B 3 7 になって偏光分離素子 2 0 2 から射出する。その後、偏光分離素子 2 0 2 から射出されたビーム B 3 7 は、検光子 1 9 を通過して検出器 2 0 に入射する。

【 0 0 5 4 】

次に、参照ビーム E 2 について説明する。偏光分離素子 2 0 2 の第 1 ブロック 2 1 に入射されたビーム B 4 1 は第 1 偏光分離面 S 1 1 を通過し、1 / 4 波長板 1 7 に入射する。そして、1 / 4 波長板 1 7 を通過したビーム B 4 1 は参照鏡 1 8 に反射されて - Y 軸方向に向かうビーム B 4 2 になり、ビーム B 4 2 は 1 / 4 波長板 1 7 に入射し 1 / 4 波長板 1 7 を通過する。

【 0 0 5 5 】

このとき、参照ビーム E 2 は 1 / 4 波長板 1 7 を二度通過しているため、偏光方向が 9 0 度回転し、ビーム B 4 2 は偏光分離素子 2 0 2 に対して S 偏光となっている。したがって、ビーム B 4 2 は第 1 偏光分離面 S 2 1 に反射され、- X 軸方向のビーム B 4 3 になる。
30
そして、ビーム B 4 3 は第 2 偏光分離面 S 2 2 に反射され、- Y 軸方向のビーム B 4 4 になる。ビーム B 4 4 は再び第 1 偏光分離面 S 2 1 に反射されて - X 軸方向のビーム B 4 5 になってリトロレフレクター 1 4 に入射する。ビーム B 4 5 はリトロレフレクター 1 4 内をビーム B 4 6 として透過した後、ビーム B 4 5 と平行で逆向きのビーム B 4 7 になって、ビーム B 4 5 の入射位置と異なる射出位置から射出され、再び偏光分離素子 2 0 2 に入射する。その後、ビーム B 4 7 は第 2 偏光分離面 S 2 2 に反射され + Y 軸方向に向かうビーム B 4 8 になって再び 1 / 4 波長板 1 7 に入射する。1 / 4 波長板 1 7 を通過したビーム
40
B 4 8 は参照鏡 1 8 の反射面 1 8 a に反射されて - Y 軸方向に向かうビーム B 4 9 になり、ビーム B 4 9 は再び 1 / 4 波長板 1 7 に入射し 1 / 4 波長板 1 7 を通過する。

【 0 0 5 6 】

このとき、参照ビーム E 2 は再び 1 / 4 波長板 1 7 を二度通過しているため、偏光方向が 9 0 度回転し、ビーム B 4 9 は偏光分離素子 2 0 2 に対して P 偏光に戻る。したがって、ビーム B 4 9 は第 2 偏光分離面 S 2 2 及び第 1 偏光分離面 S 2 1 を順次通過し、偏光分離素子 2 0 2 から射出する。その後偏光分離素子 2 0 2 から射出されたビーム B 4 9 は、
40
検光子 1 9 を通過して検出器 2 0 に入射する。ビーム B 3 7 , B 4 9 は、少なくとも一部が同軸に重なった状態で偏光分離素子 2 0 2 (第 1 ブロック 2 1) から射出されて検光子 1 9 を通過する。そして、検光子 1 9 によりビーム B 3 7 , B 4 9 からそれぞれ抽出され

10

20

30

40

50

た同一方向の2つの直線偏光が、干渉光として検出器20に入射して光電検出される。

【0057】

また、第3の実施例でも、リトロレフレクター14内での計測ビームE1(ビームB34)と参照ビームE2(ビームB46)との進行方向が逆向きになっている。これにより、第1及び第2の実施例と同様に、リトロレフレクター14から射出したビームから生じる迷光が干渉光に混入することを防止することができる。

【0058】

詳述すると次のとおりである。まずリトロレフレクター14から射出する計測ビームE1のビームB35について説明する。円D1で囲まれた箇所において、ビームB35のS偏光成分は、第1偏光分離面S21で反射されて迷光として+Y軸方向に進み、次に第2偏光分離面S22で反射され+X軸方向に進み、再び第1偏光分離面S21で反射されて+Y軸方向に進む。この迷光は1/4波長板17を2回通過することによってP偏光成分となる。このため、この迷光は第1偏光分離面S21を透過して、入力ビームE0と逆向きに光源側に進むことが分かる。このため、円D1の箇所で反射されたビームB17からの迷光は検出器20に入射しない。

10

【0059】

次に、リトロレフレクター14から射出する参照ビームE2のビームB47について説明する。円D2で囲まれた箇所において、ビームB47のP偏光成分は第2偏光分離面S22および第1偏光分離面S21を通過して迷光として+X軸方向に進む。この迷光は、1/4波長板15を透過して円偏光となり反射面16aに向かう。反射面16aで反射された迷光は、再度1/4波長板15を透過して、S偏光になり、第1偏光分離面S21で反射されて光源側に進むことが分かる。したがって、円D2の箇所で透過したビームB47からの迷光は検出器20に入射しない。

20

【0060】

<<干渉装置103内での光路：第2例>>

図5は、第3の実施例の干渉装置103を示した平面図であり、入力ビームE0の入射位置と検光子19及び検出器20の配置位置とを逆にした例を示している。図5では、入力ビームE0と第1偏光分離面S21との関係において計測ビームE1はS偏光で、参照ビームE2はP偏光であり、入力ビームE0は第1ブロック21の-Y軸方向の側面から偏光分離素子201に垂直に入射する。

30

【0061】

図5に示されるように、第3の実施例の干渉装置103に対して、入力ビームE0の入射位置と検光子19及び検出器20の配置位置とを逆にしても、すなわち、計測ビームE1及び参照ビームE2の偏光分離素子202に対する入力位置と出力位置との関係を逆にしても、リトロレフレクター14内での計測ビームE1(ビームB34')と参照ビームE2(ビームB44')との進行方向が逆向きになっている。これにより、図4に示した場合と同様に、リトロレフレクター14から射出したビームから生じる迷光が干渉光に混入することを防止することができる。

【0062】

詳述すると次のとおりである。まずリトロレフレクター14から射出する計測ビームE1のビームB35'について説明する。円D2で囲まれた箇所において、ビームB35'のS偏光成分は、第2偏光分離面S22で反射されて迷光として+Y軸方向に進み、1/4波長板17を2回通過することによってP偏光成分となる。このため、この迷光は第2偏光分離面S22及び第1偏光分離面S21を順次透過して、入力ビームE0と逆向きに光源側に進むことが分かる。このため、円D2の箇所で反射されたビームB35'からの迷光は検出器20に入射しない。

40

【0063】

次に、リトロレフレクター14から射出する参照ビームE2のビームB45'について説明する。円D1で囲まれた箇所において、ビームB45'のP偏光成分は第1偏光分離面S21を通過して迷光として+X軸方向に進む。この透過した迷光は、1/4波長板1

50

5を透過して円偏光となり反射面16aに向かう。反射面16aで反射された迷光は、再度1/4波長板15を透過してS偏光になり、第1偏光分離面S21で反射されて光源側に進むことが分かる。したがって、円D1の箇所を透過したビームB45'からの迷光は検出器20に入射しない。

【0064】

(第4の実施例)

第4の実施例の干渉装置104について、図6を参照しながら説明する。図6は第4の実施例の干渉装置104を示した平面図である。図6に示された干渉装置104は、例えばY軸方向に移動できる移動鏡16のY軸方向の位置情報(距離)を計測する。

【0065】

<<干渉装置104の構成>>

図6に示されたように、干渉装置104は平面視で正方形の偏光分離素子202と、リトロレフレクター14と、二つの1/4波長板(1/4板)15、17と、参照鏡18と、を有する光学ユニット304を備える。さらに、干渉装置104は受光部として検光子19及び検出器20を備える。図6で示された干渉装置104と図4で示された干渉装置103とは、移動鏡16と参照鏡18との配置位置が逆になっている。

【0066】

偏光分離素子202は、図4で示された偏光分離素子と同じであり、第1ブロック21、第2ブロック22及び第3ブロック23から構成される。そして、1/4波長板15は偏光分離素子202の+Y側に配置され、1/4波長板17は偏光分離素子202の+X側に配置されている。そして、移動鏡16の反射面16aは1/4波長板15から+Y側に離れて設けられ、参照鏡18は1/4波長板17の+X側に配置されている。なお、1/4波長板15、17は、複数の波長板によって構成可能である。他の構成については、図4で示された干渉装置103と同じであり、説明を割愛する。

【0067】

<<干渉装置104内での光路>>

波長(周波数)が僅かに異なり偏光方向が相互に直交する計測ビームE1及び参照ビームE2が、-Y軸方向から干渉装置104の偏光分離素子202に入射される。図4では入力ビームE0と第1偏光分離面S21との関係において、計測ビームE1がS偏光で参照ビームE2がP偏光であったが、図6では、計測ビームE1はP偏光で、参照ビームE2はS偏光であり、偏光方向が入れ替わっている。入力ビームE0は第1ブロック21の-Y軸方向の側面から偏光分離素子202に垂直に入射する。

【0068】

図6に示されるように、第4の実施例の干渉装置104においても、リトロレフレクター14内での計測ビームE1(ビームB36")と参照ビームE2(ビームB44")との進行方向が逆向きになっている。これにより、第3の実施例と同様に、リトロレフレクター14から射出したビームから生じる迷光が干渉光に混入することを防止することができる。

【0069】

(第5の実施例)

図7は第5の実施例の干渉装置105で、図1に示された第1の実施例の干渉装置101の変形例を示した平面図である。図7に示されたように、干渉装置105は平面視で台形状の偏光分離素子203と、リトロレフレクター14と、二つの1/4波長板15、17と、参照鏡18と、を有する光学ユニット305を備える。第1の実施例と同じ部材に関しては同じ符号を付している。

【0070】

第1の実施例においては、図1に示したように、計測対象物である移動鏡16は1/4波長板15と離れて配置されている。干渉装置101は真空中または大気中などに配置されるため、計測ビームE1に対する1/4波長板15の界面では真空または大気との間に屈折率差が生じる。このため、1/4波長板15の表面S15で反射光が発生しこれが迷

10

20

30

40

50

光となり、計測ビーム E 1 と干渉して計測誤差（位置情報の検出誤差）を生じさせる恐れがある。

【 0 0 7 1 】

図 7 で示される第 5 の実施例の偏光分離素子 2 0 3 は、第 1 ブロック 1 1、第 2 ブロック 3 2 及び第 3 ブロック 3 3 から構成される。なお、第 1 ブロック 1 1 は第 1 の実施例と同じである。第 3 ブロック 3 3 は、第 1 の実施例で説明された直角二等辺三角形である第 3 ブロック 1 3 の 1 / 4 波長板 1 5 側の一面が、偏光分離素子 2 0 3 の角部である頂点を中心として Y Z 平面から + X 軸方向に X Y 平面に沿って角度 だけ回転されている。また、第 2 ブロック 3 2 は偏光分離素子 2 0 3 の 1 / 4 波長板 1 5 側の面が第 3 ブロック 3 3 の 1 / 4 波長板 1 5 側の面と同一の平面上に設けられている。これにより、偏光分離素子 2 0 3 は、計測ビーム E 1 の複数の射出面のうち反射体としての移動鏡 1 6 に対する射出面が、この射出面から射出する計測ビーム E 1 に垂直な平面からわずかに傾けられている。

10

【 0 0 7 2 】

上記のような構成であれば、第 1 偏光分離面 S 1 1 に反射されて + X 軸方向に向かって偏光分離素子 2 0 3 を射出するビーム B 1 4 から 1 / 4 波長板 1 5 の表面 S 1 5 で発生する迷光は、矢印 A R 1 に示されたように X 軸方向と所定の角度だけ傾いた方向に反射される。このため、この迷光は、検光子 1 9 に対して傾いて入射するビームとなり、検出光 1 9 によって生成される干渉光に対して傾いたビームとなる。同様に、移動鏡 1 6 に反射されて戻るビーム B 1 5 から 1 / 4 波長板 1 5 の表面 S 1 5 で発生する迷光は、矢印 A R 2 に示されたように X 軸方向と所定の角度だけ傾いた方向に反射されるため、この迷光は検光子 1 9 に対して傾いて入射するビームとなり、干渉光に対して傾いたビームとなる。したがって、これらの迷光は、干渉光として検出器 2 0 で検出されることはない。

20

【 0 0 7 3 】

また、ビーム B 1 7 の表面 S 1 5 における反射光は、矢印 A R 3 に示されたように X 軸方向と所定の角度だけ傾いた方向に反射されるため、検光子 1 9 に対して傾いて入射するビームとなり、干渉光に対して傾いたビームとなる。ビーム B 1 8 の表面 S 1 5 における反射光は、矢印 A R 4 に示されたように X 軸方向と所定の角度だけ傾いた方向に反射されるため、検光子 1 9 に対して傾いたビームとなり、干渉光に対して傾いたビームとなる。したがって、これらの迷光は、干渉光として検出器 2 0 で検出されることはない。すなわち、干渉装置 1 0 5 では、1 / 4 波長板 1 5 の表面で発生する迷光が干渉光として検出されることがなく、その迷光に起因した計測誤差の発生を防止することができる。

30

【 0 0 7 4 】

（第 6 の実施例）

図 8 は第 6 の実施例の干渉装置 1 0 6 で、図 4 に示された第 3 の実施例の干渉装置 1 0 3 の変形例を示した平面図である。図 8 に示されたように、干渉装置 1 0 6 は平面視で台形状の偏光分離素子 2 0 4 と、リトロレフレクター 1 4 と、二つの 1 / 4 波長板 1 5、1 7 と、参照鏡 1 8 と、を有する光学ユニット 3 0 6 を備える。第 3 の実施例と同じ部材に関しては同じ符号を付している。

【 0 0 7 5 】

第 3 の実施例においても、図 4 に示したように、計測対象物である移動鏡 1 6 は 1 / 4 波長板 1 5 と離れて配置されている。干渉装置 1 0 3 は真空中または大気中などに配置されるため、計測ビーム E 1 に対する 1 / 4 波長板 1 5 界面では真空または大気との間に屈折率差が生じる。このため、1 / 4 波長板 1 5 の表面 S 1 5 で反射光が発生しこれが迷光となり、計測ビーム E 1 と干渉して計測誤差（位置情報の検出誤差）を生じさせる恐れがある。

40

【 0 0 7 6 】

図 8 で示される第 6 の実施例の偏光分離素子 2 0 4 は、第 1 ブロック 3 1、第 2 ブロック 2 2 及び第 3 ブロック 2 3 から構成される。なお、第 2 ブロック 2 2 及び第 3 ブロック 2 3 は第 3 の実施例と同じである。第 1 ブロック 3 1 は、第 3 の実施例で説明された直角

50

二等辺三角形である第1ブロック21の1/4波長板15側の一面が斜面とされた形状を有しており、すなわち、第1ブロック31の1/4波長板15側の一面が、1/4波長板15と1/4波長板17とが交差する角部を中心としてYZ平面から+X軸方向にXY平面に沿って角度だけ回転されている。これにより、偏光分離素子204は、計測ビームE1の複数の射出面のうち移動鏡16に対する射出面が、この射出面から射出する計測ビームE1に垂直な平面からわずかに傾けられている。

【0077】

上記のような構成であれば、第1偏光分離面S21に反射されて+X軸方向に向かって偏光分離素子204を射出するビームB32から1/4波長板15の表面S15で発生する迷光は、矢印AR5に示されたようにX軸方向と所定の角度だけ傾いた方向に反射される。このため、この迷光は検光子19に対して傾いて入射するビームとなり、検出光19によって生成される干渉光に対して傾いたビームとなる。同様に、移動鏡16に反射されて戻るビームB33から1/4波長板15の表面S15で発生する迷光は、矢印AR6に示されたようにX軸方向と所定の角度だけ傾いた方向に反射されるため、この迷光は検光子19に対して傾いて入射するビームとなり、干渉光に対して傾いたビームとなる。したがって、これらの迷光は、干渉光として検出器20で検出されることはない。

10

【0078】

また、ビームB35の表面S15における反射光は、矢印AR7に示されたようにX軸方向と所定の角度だけ傾いた方向に反射されるため、検光子19に対して傾いて入射するビームとなり、干渉光に対して傾いたビームとなる。ビームB36の表面S15における反射光は、矢印AR8に示されたようにX軸方向と所定の角度だけ傾いた方向に反射されるため、検光子19に対して傾いたビームとなり、干渉光に対して傾いたビームとなる。したがって、これらの迷光は、干渉光として検出器20で検出されることはない。すなわち、干渉装置106では、1/4波長板15の表面で発生する迷光が干渉光として検出されることがなく、その迷光に起因した計測誤差の発生を防止することができる。

20

【0079】

なお、上述した光学ユニット305, 306では、偏光分離素子203, 204のうち移動鏡16に対向する面がYZ平面に対してXY平面に沿って所定角度だけ回転(傾斜)されているものとしたが、XY平面に沿った回転(傾斜)に限定されず、例えばZX平面に沿った回転(傾斜)をさせたものとすることもできる。あるいは、YZ平面を除く任意の平面に沿って回転(傾斜)をさせたものとしてもよい。

30

【0080】

(第7の実施例)

図9は、第7の実施例の干渉装置107で、図1に示された第1の実施例の干渉装置101の変形例を示した平面図である。図9に示されたように、干渉装置107は偏光分離素子201と、リトロレфлекター14と、三つの1/4波長板15a、15b、17と、参照鏡18と、を有する光学ユニット307を備える。第1の実施例と同じ部材に関しては同じ符号を付している。

【0081】

光学ユニット307では、図9に示されたように、別個の第1の1/4波長板15aと第2の1/4波長板15bとがそれぞれ用意される。そして、第1の1/4波長板15aが第1ブロック11の一面に、第2の1/4波長板15bが第2ブロック12の一面に接合(例えば、オプティカルコンタクト)される。

40

【0082】

(第8の実施例)

図10は、第8の実施例の干渉装置108で、図8に示された第6の実施例の干渉装置106の変形例を示した平面図である。図10に示されたように、干渉装置108は偏光分離素子204と、リトロレфлекター14と、三つの1/4波長板15、17a、17bと、参照鏡18と、を有する光学ユニット308を備える。第6の実施例と同じ部材に関しては同じ符号を付している。

50

【0083】

光学ユニット308では、図10に示されたように、別個の第1の1/4波長板17aと第2の1/4波長板17bとがそれぞれ用意される。そして、第1の1/4波長板17aが第2ブロック22の一面に、第2の1/4波長板17bが第3ブロック23の一面に接合(例えば、オプティカルコンタクト)される。

【0084】

また、図10に示された干渉装置108において、リトロレフレクター14に対向する第2ブロック22の一面と第3ブロック23の一面とは、第2ブロック22と第3ブロック23とを接合した後に研磨することが好ましい。これにより、リトロレフレクター14に対して第2ブロック22と第3ブロック23との間で段差を生じさせることがなく、偏光分離素子204に対してリトロレフレクター14をオプティカルコンタクトさせることができる。

10

【0085】

なお、上述した干渉装置101~108では、偏光分離素子201~204における第1偏光分離面S11, S21または第2偏光分離面S12, S22によって入射ビームE0を計測ビームE1と参照ビームE2とに分割し、また、第1偏光分離面S11, S21または第2偏光分離面S12, S22によって計測ビームE1と参照ビームE2とを合成するようにしていたが、例えば図14に示すように、偏光分離素子に入射させる前に入射ビームE0を計測ビームE1と参照ビームE2とに分割し、偏光分離素子から射出した後に計測ビームE1と参照ビームE2とを合成することもできる。

20

【0086】

図14に示す干渉装置111は、偏光分離素子201と、リトロレフレクター14と、1/4波長板15, 17と、参照鏡18と、ビーム分割部BS1と、ビーム合成部BS2とを有する光学ユニット311を備える。なお、ビーム分割部BS1及びビーム合成部BS2の形状は同じで、XY平面の側面形状が平行四辺形と直角二等辺三角形とにより構成された台形状である。ここで、平行四辺形と直角二等辺三角形とが接合する面S51及び面S52は偏光分割面で、偏光分割面S51及び面S52はP偏光を透過させてS偏光を反射させることができる。すなわち、偏光方向(偏光面)が相互に直交するS偏光のビームとP偏光のビームとを分割して異なる方向に進行させることができる。また、ビーム分割部BS1及びビーム合成部BS2のXY平面において、斜面S53及びS54はS偏光を反射させる反射面である。以下、ビーム分割部BS1及びビーム合成部BS2の配置及びその中の光路について詳述する。

30

【0087】

まず、ビーム分割部BS1について説明する。図14に示されたようにビーム分割部BS1は斜面である反射面S53が-X側に向かうように平行辺の長辺を偏光分離素子201の第2ブロック12の-Y側に接合する。これにより、偏光分離素子201の-Y方向から入射する計測ビームE1と参照ビームE2とを含む入力ビームE0はビーム分割部BS1の偏光分割面S51によって計測ビームE1と参照ビームE2とに分割される。ここで、S偏光である計測ビームE1はビーム分割部BS1の偏光分割面S51及び反射面S53に順次に反射され+Y方向に沿って偏光分離素子201の第2ブロック12に入射する。また、P偏光である参照ビームE2はビーム分割部BS1の偏光分割面S51を透過し+Y方向に沿って偏光分離素子201の第2ブロック12に入射する。そして、偏光分離素子201内の光路は第1の実施例で図1に示されたような第1例の光路と同じであるため、説明を省略する。また、偏光分離素子201内の第1偏光分離面S12及び第2偏光分離面S22に反射又は透過した計測ビームE1及び参照ビームE2は、図1に示されたように偏光分離素子201の第3ブロック13から射出する。

40

【0088】

次に、偏光分離素子201から射出した計測ビームE1及び参照ビームE2はビーム合成部BS2に入射する。なお、ビーム合成部BS2はビーム分割部BS1と逆に斜面である反射面S54が+X側に向かうように平行辺の長辺を偏光分離素子201の第3ブロッ

50

ク 1 3 の - Y 側に接合する。これにより、偏光分離素子 2 0 1 の第 3 ブロック 1 3 から射出する S 偏光である計測ビーム E 1 は反射面 S 5 4 及び偏光分割面 S 5 2 に順次に反射され - Y 方向に沿ってビーム合成部 B S 2 を射出する。また、偏光分離素子 2 0 1 の第 3 ブロック 1 3 から射出する P 偏光である参照ビーム E 2 はそのまま偏光分割面 S 5 2 を透過し計測ビーム E 1 と合成されてビーム合成部 B S 2 を射出する。

【 0 0 8 9 】

< < 第 1 偏光分離面と第 2 偏光分離面との配置 > >

以下、偏光分離素子の第 1 偏光分離面と第 2 偏光分離面との配置位置に関して、図 1 1、図 1 2 及び図 1 3 を参照しながら説明する。図 1 1 及び図 1 2 は、第 1 の実施例の干渉装置 1 0 1 を構成するブロック形状が異なる別例である。

10

【 0 0 9 0 】

図 1 1 に示されたように、干渉装置 1 0 9 は平面視で正方形の偏光分離素子 2 0 7 と、リトロレフレクター 1 4 と、二つの 1 / 4 波長板 (/ 4 板) 1 5、1 7 と、参照鏡 1 8 と、を有する光学ユニット 3 0 9 を備える。偏光分離素子 2 0 7 は、側面形状が五角形である第 1 ブロック 4 1 と、側面形状が台形である第 2 ブロック 4 2 と、側面形状が直角二等辺三角形である第 3 ブロック 4 3 とで構成されている。このような形状の第 1 ブロック 4 1 から第 3 ブロック 4 3 で構成された偏光分離素子 2 0 7 でも、図 1 で説明されたようにリトロレフレクター 1 4 から射出する光束で生じる迷光を防止することができる。

【 0 0 9 1 】

図 1 1 において、第 2 ブロック 4 2 の - Y 軸方向の側面から入射された計測ビーム E 1 (B 1 1 ~ B 1 9) 及び参照ビーム E 2 (B 2 1 ~ B 2 7) は、第 1 偏光分離面 S 3 1 で二回反射され、第 2 偏光分離面 S 3 2 で一回反射されている。図 1 1 に示された偏光分離素子 2 0 7 も、リトロレフレクター 1 4 内での計測ビーム E 1 (反射ビーム B 1 6) と参照ビーム E 2 (反射ビーム B 2 4) との方向が逆向きになっている。このため、リトロレフレクター 1 4 から射出する光束で生じる迷光を防止することができる。

20

【 0 0 9 2 】

但し、図 1 1 に示された偏光分離素子 2 0 7 では、- Y 軸方向の側面から入射される計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 の入射位置に制限がある。計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 が図 1 1 に示された光束 Z 1 1 に沿って入射する場合は、第 1 偏光分離面 S 3 1 に反射されて + X 軸方向に向かう光束 Z 1 2 は第 2 偏光分離面 S 3 2 に反射しないで、直接に偏光分離素子 2 0 7 から射出し反射面 1 6 a に入射する。したがって、計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 は一定の入射範囲で入射しなければならないことが分かる。

30

【 0 0 9 3 】

また図 1 2 に示されたように、干渉装置 1 1 0 は平面視で正方形の偏光分離素子 2 0 8 と、リトロレフレクター 1 4 と、二つの 1 / 4 波長板 1 5、1 7 と、参照鏡 1 8 と、を有する光学ユニット 3 1 0 を備える。偏光分離素子 2 0 8 は第 1 偏光分離面 S 4 1 及び第 2 偏光分離面 S 4 2 によって側面形状が直角二等辺三角形である第 1 ブロック 5 1 と、側面形状が六角形である第 2 ブロック 5 2 と、側面形状が直角二等辺三角形である第 3 ブロック 5 3 とで構成されている。このような形状の第 1 ブロック 5 1 から第 3 ブロック 5 3 で構成された偏光分離素子 2 0 8 でも、図 1 で説明されたようにリトロレフレクター 1 4 から射出する光束で生じる迷光を防止することができる。

40

【 0 0 9 4 】

図 1 2 において、第 2 ブロック 5 2 の - Y 軸方向の側面から入射された計測ビーム E 1 (B 1 1 ~ B 1 9) 及び参照ビーム E 2 (B 2 1 ~ B 2 7) は、第 1 偏光分離面 S 4 1 で二回反射され、第 2 偏光分離面 S 4 2 で一回反射されて第 3 ブロック 5 3 の - Y 軸方向の側面から射出する。図 1 2 に示された偏光分離素子 2 0 8 も、リトロレフレクター 1 4 内での計測ビーム E 1 (反射ビーム B 1 6) と参照ビーム E 2 (反射ビーム B 2 4) との方向が逆向きになっている。このため、リトロレフレクター 1 4 から射出する光束で生じる迷光を防止することができる。

【 0 0 9 5 】

50

但し、図 1 2 に示された偏光分離素子 2 0 8 でも、計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 が図 1 2 に示された光束 Z 2 1 に沿って入射する場合は、第 1 偏光分離面 S 4 1 に反射されて + X 軸方向に向かう光束 Z 1 2 は第 2 偏光分離面 S 4 2 に反射される。そして、第 2 偏光分離面 S 4 2 に反射されて + Y 軸方向に向かう光束 Z 1 3 は再び第 1 偏光分離面 S 4 1 で反射しないで、直接に偏光分離素子 2 0 8 から射出し参照鏡 1 8 に入射する。したがって、ここでも計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 は一定の入射範囲で入射しなければならないことが分かる。

【 0 0 9 6 】

図 1 3 は、計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 は入射範囲を説明するための図である。図 1 3 に示された干渉装置 1 0 1 は図 1 に示された正方方体の偏光分離素子 2 0 1 を使用している。つまり、第 1 ブロック 1 1 はその側面形状が直角二等辺三角形であり、第 2 ブロック 1 2 はその側面形状が台形形状であり、第 3 ブロック 1 3 はその側面形状が直角二等辺三角形である。また、第 1 偏光分離面 S 1 1 は偏光分離素子 2 0 1 の対角線と一致し、第 2 偏光分離面 S 1 2 は第 1 偏光分離面 S 1 1 に平行で、第 1 偏光分離面 S 1 1 の半分の長さである。

10

【 0 0 9 7 】

このような構成であれば、計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 が + Y 軸方向に沿って第 2 ブロック 1 2 のいずれの位置に入射しても、第 1 偏光分離面 S 1 1 で二回反射され、第 2 偏光分離面 S 1 2 で一回反射され、 - Y 軸方向に沿って第 3 ブロック 1 3 の側面から射出できる。したがって、計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 の入射範囲は、第 2 ブロック 1 2 のすべての - Y 軸方向の側面である。偏光分離素子 2 0 1 の射出面に配置される検光子 1 9 及び検出器 2 0 は、実線で示される位置から点線で示される位置まで配置することができる。すなわち、第 1 偏光分離面 S 1 1 が偏光分離素子 2 0 1 の対角線と一致し、第 2 偏光分離面 S 1 2 は第 1 偏光分離面 S 1 1 に平行で第 1 偏光分離面 S 1 1 の半分の長さであると、計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 の入射範囲が広くなり、検光子 1 9 及び検出器 2 0 の範囲も広くなるという利点がある。

20

【 0 0 9 8 】

図 1 3 では、計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 が、第 2 ブロック 1 2 に入射する例を示した。光可逆性により第 3 ブロック 1 3 の側面から計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 が入射される場合も、計測ビーム E 1 及び参照ビーム E 2 は第 1 偏光分離面 S 1 1 で二回反射され、第 2 偏光分離面 S 1 2 で一回反射され、第 2 ブロック 1 2 の側面から射出できる。

30

【 0 0 9 9 】

< 露光装置 E X について >

以下、上述した干渉装置 1 0 1 ~ 1 1 0 の少なくとも 1 つが用いられた露光装置 E X について図 1 5 を参照しながら説明する。図 1 5 は、本実施形態に係る露光装置を示す概略構成図である。

【 0 1 0 0 】

図 1 5 において、露光装置 E X は、レチクル M (マスク) とウエハ S W (基板) とを静止した状態でレチクル R T に形成された回路パターンをウエハ S W に転写するとともに、ウエハ S W を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート型の露光装置である。

40

【 0 1 0 1 】

レチクル R T は、不図示のレチクルホルダを介してレチクルステージ 1 a、1 b 上において X Y 平面に平行に保持されている。レチクル R T には、転写すべき回路パターンが形成されており、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置の場合は、パターン領域の全体が照明される。なお、レチクル R T は図示しない交換装置により適宜交換されて使用される。

【 0 1 0 2 】

また、露光装置 E X は照明装置 2 及び投影光学系 3 を備える。ここで、照明装置 2 は照明光源 2 a 及び照明光学系 2 b を有する。照明装置 2 の光源 2 a は、露光用の照明光をパ

50

ルス光で作るもので、たとえば波長248nmのKrFエキシマレーザ光源からの紫外パルス光、波長193nmのArFエキシマレーザ光源からの紫外パルス光、YAGレーザ光源からのパルスレーザを高調波に変換した紫外線等が使用できる。また、光源2aから射出された光は、照明光学系2bを介してレチクルRTを均一に照明する。

【0103】

投影光学系3は、ジオプトリック系（屈折系）であるが、カタジオプトリック系（反射屈折系）や反射系も使用できることはいうまでもない。また、投影光学系3は、所定の気温（例えば、25℃）、所定の大気圧（例えば、1気圧）の下で露光用照明光の波長に関して最良に収差補正されており、かかる条件下においてレチクルRTとウエハSWとは互いに共役になっている。また、露光用照明光は、ケラー照明であり、投影光学系3の瞳面の中心に光源像として結像されている。なお、投影光学系3は複数のレンズ等の光学素子を有し、その光学素子の硝材としては露光用照明光の波長に応じて石英、蛍石等の光学材料から選択されている。

10

【0104】

ウエハステージ4は定盤6上に設けられ、駆動制御ユニットCTUの制御により投影光学系3の像面と平行なXY平面に沿って2次元移動する。すなわち、ウエハステージ4は、ウエハSWを保持する試料台としてのウエハテーブル8と、定盤6上でXY平面に沿って2次元移動される可動部としてのXYステージ7とを備え、XYステージ7は、X軸方向、Y軸方向にステップ移動する。

20

【0105】

さらに、ウエハステージ4には、ウエハSWのZ軸方向の位置（フォーカス位置）、並びにX軸及びY軸の周りの傾斜角を制御するZレベリング機構も組み込まれている。すなわち、ウエハテーブル8は、Z軸方向に変位する3つのアクチュエータ9a、9b、9cを介してXYステージ7上に保持されている。

30

【0106】

3つのアクチュエータ9a、9b、9cは、一直線上にならないように分散配置される。また、主制御系CTからの制御情報に基づいて、駆動制御ユニットCTUによって各アクチュエータ9a、9b、9cの駆動量が制御される。3つのアクチュエータ9a、9b、9cを同一の量だけ駆動することによってウエハテーブル8をZ軸方向に平行移動させることが可能であり、各駆動量を相違させることによってウエハテーブル8をXY平面に対して傾けることが可能である。3つのアクチュエータ9a、9b、9cの駆動量を適切に制御することにより、ウエハSWの表面をレチクルRTの投影像位置（パターン像の結像位置）に高精度に合焦させることができる。

40

【0107】

ウエハSWと投影光学系3との合焦状態は、焦点位置検出系センサPDA、PDBによって検出される。焦点位置検出系センサPDA、PDBは、投影光学系3の結像面に向けてピンホール又はスリット状の像を形成するための結像光束を、投影光学系3の光軸AXに対して斜め方向から供給する送光光学系PDAと、その結像光束のウエハSW表面での反射光束を受光する受光光学系PDBとを有し、例えば、これらは投影光学系3が設置された架台11（コラム）に固定されている。

50

【0108】

ウエハステージ4（ウエハテーブル8）の一端には、干渉装置100が設けられている。干渉装置100は、上述した干渉装置101～111の少なくとも1つを含んで構成されている。干渉装置100として、X軸用の干渉装置100x及びY軸用の干渉装置100yが設けられている。この干渉装置100x、100yによってウエハステージ4のX軸方向、Y軸方向の位置及びX軸、Y軸、Z軸の周りの回転角がリアルタイムに計測される。そして、干渉装置100x、100yの計測結果及び主制御系CTからの制御情報に基づいて、駆動制御ユニットCTUがウエハステージ4の速度、及び位置の制御を行う。ここで、干渉装置100x、100yとウエハステージ4（ウエハテーブル8）とを含んでステージ装置SGが構成されている。

60

【 0 1 0 9 】

露光装置 E X はさらに、レチクルアライメント系として、T T R (Through The Reticule) 方式のレチクルアライメント系センサ R A を備える。また、オフアクシス方式のウエハアライメント系として、F I A (Field Image Alignment) 方式のウエハアライメント系センサ W A 1 を備える。さらに、T T L (Through The Lens) 方式のウエハアライメント系として、L S A (Laser Step Alignment) 方式或いは L I A (Laser Interferometric Alignment) 方式のウエハアライメント系センサ W A 2 を備える。

【 0 1 1 0 】

レチクルアライメント系センサ R A は、所定のマークを備えたレチクル R T に対してアライメント光を照射するとともに、投影光学系 3 を介してウエハステージ 4 上の基準平板 W F P に設けられた基準マーク群 F M を照射する。さらに、レチクルアライメント系センサ R A は、アライメント光の照射によりレチクル R T から発生した光 (反射光)、及び投影光学系 3 を介してウエハステージ 4 の基準平板 W F P (基準マーク群 F M) から発生する光 (反射光) を受光して、レチクル R T の位置合わせを行う。

【 0 1 1 1 】

F I A 方式のウエハアライメント系センサ W A 1 は、投影光学系 3 の側部に設けられており、投影光学系 3 を介することなく露光光とは異なる波長のアライメント光を基準マーク群 F M に照射するとともに、基準マーク群 F M における F I A 用マークから発生した光を受光してベースライン量を求める。このベースライン量は、ウエハ S W 上の各ショット領域を投影光学系 3 の視野内に配するときの基準量となるものである。

【 0 1 1 2 】

L S A 又は L I A 方式のウエハアライメント系センサ W A 2 は、アライメント光の照射により基準マーク群 F M に形成された L S A マーク又は L I A マークから発生した光を受光して、ウエハ S W の位置計測の基準を求める。

【 0 1 1 3 】

続いて、以上のような構成を備えた露光装置 E X による露光作業について、簡単に説明する。

まず、主制御系 C T の管理の下、露光作業に先立って準備作業を行う。

具体的には、焦点位置検出系センサ P D a、P D b から基準平板 W F P に複数のスリット光を投光して、複数のスリット光のオフセット調整 (原点調整) が行われる。

そして、各種の露光条件が設定された後に、レチクルアライメント系センサ R A を用いたレチクルアライメントが必要に応じて行われる。また、ウエハアライメント系センサ W A 1 を用いたベースライン計測が行われる。さらに、ウエハアライメント系センサ W A 1、W A 2 の少なくとも一方を用いたウエハ S W のファインアライメント (エンハンスト・グローバル・アライメント (E G A) 等) が行われる。これによりウエハ S W 上の複数のショット領域の配列座標が求められる。

【 0 1 1 4 】

上述したアライメント作業が終了すると、主制御系 C T はアライメント結果に基づいてウエハ S W 側の X 軸用干渉装置 1 0 0 x 及び Y 軸用干渉装置 1 0 0 y の計測値をモニタしつつ、ウエハ S W のファーストショット (第 1 番目のショット領域) の露光位置に駆動制御ユニット C T U に指令してウエハステージ 4 を移動させる。

そして、主制御系 C T の管理の下で、焦点位置検出系センサ P D a、P D b からウエハ S W に複数のスリット光を投光するとともにウエハテーブル 8 用のアクチュエータ 9 a、9 b、9 c を駆動して、レチクル R T の回路パターンの結像面にウエハ S W の露光面を合わせる作業 (焦点合わせ) が行われる。

【 0 1 1 5 】

準備作業が完了すると、レチクル R T のパターン領域が露光光で照明され、これにより、ウエハ S W 上のファーストショット領域に対する露光が終了する。そして、レチクル R T の回路パターンが投影光学系 3 を介してウエハ S W 上のファーストショット領域のレジ

スト層に縮小転写される。

【0116】

このようにして、ウエハSWのショット領域の露光と次ショット領域の露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハSW上の全ての露光対象ショット領域にレチクルRTの回路パターンが順次転写される。

【0117】

<ステージ装置SGについて>

図16は、ステージ装置SGの斜視図である。図16に示されたようにウエハステージ4（ウエハテーブル8）のY軸方向及びX軸方向にそれぞれ延在する反射体としての反射面16x、16yが取り付けられており、反射面16x、16yの鏡面に対向してX軸用干渉装置100x及びY軸用干渉装置100yが設けられている。

10

【0118】

図16に示すように、X軸用の干渉装置100xは、Y軸方向に互いに離間して配置される2つの干渉光学系100xa及び100xbを含む。干渉光学系100xaと干渉光学系100xbとは、ウエハテーブル8（ウエハステージ4）のY軸方向の位置に応じて選択的に使用される。干渉光学系100xaのY軸方向に関する配置位置は、投影光学系3の光軸AX（図15を参照）と概ね一致しており、干渉光学系100xbのY軸方向に関する配置位置は、ウエハアライメント系センサWA1の光軸AXa（図15を参照）と概ね一致している。そして、干渉光学系100xaが、投影光学系3（図15を参照）を介したウエハSWへの露光処理時に用いられ、干渉光学系100xbが、ウエハアライメント系センサWA1（図15を参照）を介したウエハステージ4上のマーク計測時に用いられる。

20

【0119】

各干渉光学系100xa及び100xbは、X軸方向に平行な光軸を有する複数のビームを、ウエハテーブル8（ウエハステージ4）に配設された反射面16xに照射する。そして、反射面16xからの反射ビームが各干渉光学系100xa及び100xbを介して検出器20（図1などを参照）に送られ、反射面16xのX軸方向の位置（距離）、ひいてはウエハテーブル（ウエハステージ4）の位置が検出される。

【0120】

具体的には、干渉光学系100xaを介して反射面16xに照射される複数のビーム60、61のうち、ウエハテーブル8のX軸方向の位置計測にビーム60が用いられ、また、ウエハテーブル8のY軸周りの回転角（ロール）の計測にビーム60とビーム61とが用いられる。同様に、干渉光学系100xbを介して反射面16xに照射される複数のビーム62、63のうち、ウエハテーブル8のX軸方向の位置計測にビーム62が用いられ、また、ウエハテーブル8のY軸周りの回転角（ロール）の計測にビーム62とビーム63とが用いられる。

30

【0121】

Y軸用の干渉装置100yのX軸方向に関する配置位置が、投影光学系3の光軸AX（図15参照）と概ね一致している。干渉装置100yは、Y軸方向に平行な光軸を有する複数のビームを、ウエハテーブル8（ウエハステージ4）に配設された反射面16yに照射する。そして、反射面16yからの反射ビームが各干渉光学系100xa及び100xbを介して検出器20（図1などを参照）に送られ、反射面16yのY軸方向の位置（距離）、ひいてはウエハテーブル（ウエハステージ4）の位置が検出される。

40

【0122】

具体的には、干渉装置100yを介して反射面16yに照射される複数のビーム64、65、66のうち、ウエハテーブル8のY軸方向の位置計測にビーム64とビーム65との少なくとも一方が用いられ、また、ウエハテーブル8のZ軸周りの回転角（ヨー）の計測にビーム64とビーム65とが用いられ、さらに、ウエハテーブル8のX軸周りの回転角（ピッチ）の計測にビーム64とビーム65とビーム66とが用いられる。

【0123】

50

< 干渉システム I F S について >

以下、レーザ光源 70 を有する干渉システム I F S について、図 17 を参照しながら説明する。図 17 は、レーザ光源 70 で X 軸用の干渉装置 100x 及び Y 軸用の干渉装置 100y に入力ビーム E0 を供給する光路図である。

【0124】

図 17 に示すように、干渉システム I F S は、X 軸用の干渉装置 100x 及び Y 軸用の干渉装置 100y と、共通のレーザ光源 70 と、干渉装置 100x, 100y に入力ビームを入力させる入力光学系としての分光光学系 71 とを備えている。レーザ光源 70 は、相互に偏光面が直交するとともに相互に周波数が異なる 2 つのビームを含む入力ビーム E0 を出力する。分光光学系 71 は、ハーフプリズム 72、ビームの光軸を調整するための調整機構 73、74、ハーフミラー 75、及び折り曲げミラー 76 等を含んで構成されている。

10

【0125】

レーザ光源 70 からの入力ビーム E0 は、ハーフプリズム 72 によって X 軸用の干渉装置 100x 及び Y 軸用の干渉装置 100y のそれぞれに振り分けられる。すなわち、レーザ光源 70 からの入力ビーム E0 の一部がハーフプリズム 72 を透過して Y 軸用の干渉装置 100y の干渉光学系 100y に送られる。一方、ハーフプリズム 72 で反射したビームは X 軸用の干渉装置 100x が備える光学ユニット 300 (上述した光学ユニット 301 ~ 311 の少なくとも 1 つを含む) に送られる。X 軸用の干渉装置 100x の光学ユニット 300 は、Y 軸方向に離れて配置された光学ユニット 300xa と光学ユニット 300xb とを有する。

20

【0126】

X 軸用の干渉装置 100x に関し、ハーフプリズム 72 からの入力ビーム E0 は、- Y 軸方向に進行し、調整機構 73 で光軸が調整される。この入力ビーム E0 の進行軸上には、ハーフミラー 75 と調整機構 74 と折り曲げミラー 76 とが配されており、ハーフミラー 75 及び折り曲げミラー 76 は、Y 軸方向に平行な入力ビーム E0 の進行軸に対して 45 度傾く反射面を有している。ハーフミラー 75 は、入射したビームの一部を透過し、残りの入力ビーム E0 を反射する。ハーフミラー 75 で反射して、90 度折り曲げられた入力ビーム E0 は + X 軸方向に進行し、光学ユニット 300xa に入射する。一方、ハーフミラー 75 を透過したビームは、折り曲げミラー 76 で 90 度折り曲げられた後に + X 軸方向に進行し、光学ユニット 300xb に入射する。ハーフミラー 75 からの反射ビームと折り曲げミラー 76 からの反射ビームとは互いに平行であり、それら 2 つのビームの平行度は、ハーフミラー 75 と折り曲げミラー 76 との間に配置される調整機構 74 によって調整される。そして、光学ユニット 300xa を介してウエハステージ 4 (ウエハテーブル 8) の反射面 16x にビーム 60 が照射され、これと平行に、光学ユニット 300xb を介してウエハステージ 4 (ウエハテーブル 8) の反射面 16x にビーム 62 が照射される。これにより、ウエハステージ 4 (ウエハテーブル 8) の位置情報 (距離) が計測できる。

30

【0127】

なお、上述の実施形態の露光装置では、通常固定パターンマスク (Cr パターンマスク) に代えて、所定の電子データに基づいて所定パターンを可変的に形成する可変パターン形成装置を用いることができる。このような可変パターン形成装置を用いれば、パターン面が縦置きでも同期精度に及ぼす影響を最低限にできる。なお、可変パターン形成装置としては、たとえば所定の電子データに基づいて駆動される複数の反射素子を含む DMD (デジタル・マイクロミラー・デバイス) を用いることができる。DMD を用いた露光装置は、例えば特開 2004 - 304135 号公報、国際特許公開第 2006 / 080285 号パンフレットに開示されている。また、DMD のような非発光型の反射型空間光変調器以外に、透過型空間光変調器を用いても良く、自発光型の画像表示素子を用いても良い。例えば、液晶表示素子等の透過型の空間光変調器、二次元的に配列されて個別に姿勢変化可能な複数のミラー要素を有する空間光変調器などを用いることができる。

40

50

【 0 1 2 8 】

一般に、可変パターン形成装置は、二次元的に配列されて個別にオン・オフ制御可能な複数の画素部と、これらの複数の画素部のオン・オフ制御を行ってパターンを形成する画素制御部とを有する。そして、走査露光に際して、画素制御部は、基板ステージの走査方向への移動に同期してオン・オフ制御を行ってパターンを変化させる。なお、可変パターン形成装置により形成したパターンを走査露光中に固定的に用いることもできる。

【 0 1 2 9 】

上述の実施形態の露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およ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。

【 0 1 3 0 】

< 半導体デバイスの製造方法 >

また、半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 1 8 に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ 2 0 1、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ 2 0 2、デバイスの基材である基板を製造するステップ 2 0 3、前述した実施形態の露光装置 E X によりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ 2 0 4、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）2 0 5、検査ステップ 2 0 6 等を経て製造される。

【 0 1 3 1 】

なお、本発明は、半導体デバイスまたは液晶デバイス製造用の露光装置への適用に限定されることなく、例えば、プラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、撮像素子（CCD 等）、マイクロマシン、薄膜磁気ヘッド、及び DNA チップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。また、本発明は、ガラス基板と半導体ウェハとに限定されず、例えば可撓性を有するシート状の基板（面積に対する厚さの比がガラス基板および半導体ウェハに比して小さい基板）を露光対象としての感光性基板とすることができる。更に、本発明は、各種デバイスのマスクパターンが形成されたマスク（フォトリソグラフィ工程を用いて製造する際の、露光工程（露光装置）にも適用することができる。さらに、本発明は、露光装置への適用に限定されず、印刷装置等を用いて基板にパターンを形成するパターン形成装置等およびその基板を保持して移動させるステージ装置等への適用が可能である。また、一般には、基板に限定されず、任意の物体を保持して移動させる移動機構であって、その基板に対応させて反射体を保持して移動させる移動機構に対して本発明は適用可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 2 】

- 1 a、1 b ... マスクステージ
- 2 ... 照明装置
- 2 a ... 照明光源、 2 b ... 照明光学系
- 3 ... 投影光学系
- 4 ... ウェハステージ
- 6 ... 定盤
- 7 ... X Y Z ステージ
- 8 ... ウェハテーブル

10

20

30

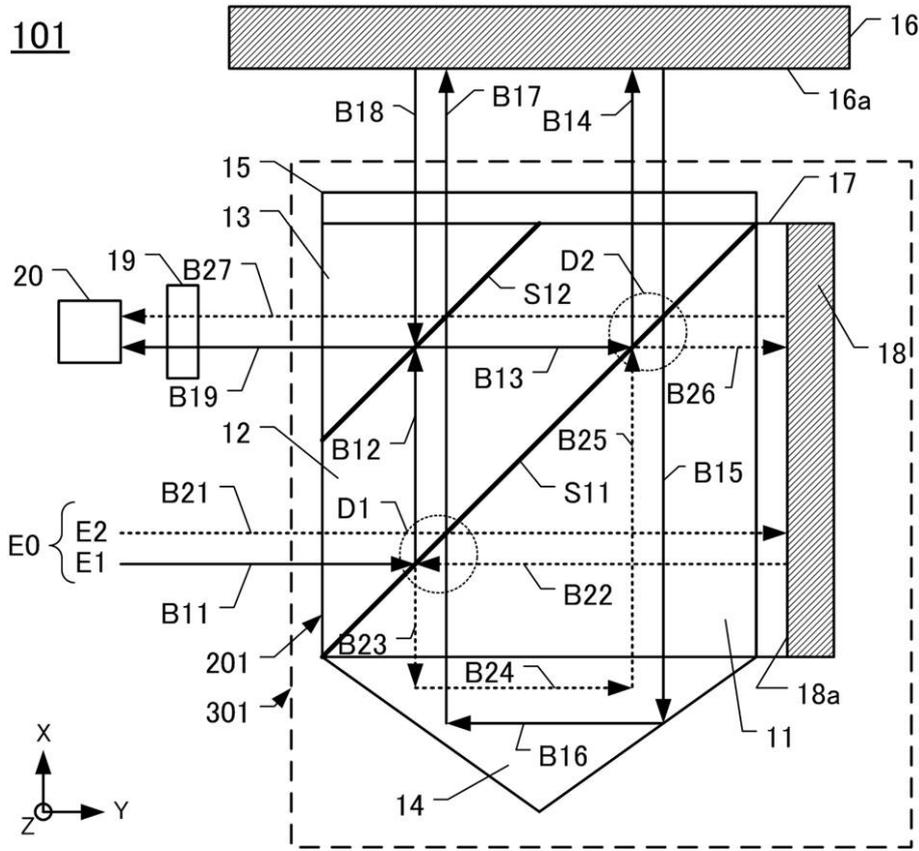
40

50

9 a、9 b、9 c ...	アクチュエータ	
1 0 0 (1 0 1 ~ 1 1 1) ...	干渉装置	
1 0 0 x ...	X 軸用干渉装置、	1 0 0 y ... Y 軸用干渉装置
1 1、2 1、3 1、4 1、5 1 ...	第 1 ブロック	
1 2、2 2、3 2、4 2、5 2 ...	第 2 ブロック	
1 3、2 3、3 3、4 3、5 3 ...	第 3 ブロック	
1 4 ...	リトロレフレクター	
1 5、1 5 a、1 5 b、1 7、1 7 a、1 7 b ...	1 / 4 波長板	
1 6 ...	移動鏡	
1 6 a ...	反射面 (1 6 x ... X 軸の反射面、	1 6 y ... Y 軸の反射面)
1 8 ...	参照鏡	
1 9 ...	検光子	
2 0 ...	検出器	
6 0 ~ 6 6 ...	ビーム	
7 0 ...	レーザ光源	
7 1 ...	分光光学系	
7 2 ...	ハーフプリズム	
7 3、7 4 ...	調整機構	
7 5 ...	ハーフミラー	
7 6 ...	折り曲げミラー	20
2 0 0 (2 0 1 ~ 2 0 8) ...	偏光分離素子	
3 0 0 (3 0 1 ~ 3 1 1) ...	光学ユニット	
A R 1 ~ A R 8 ...	迷光である反射光	
A X、A X a ...	光軸	
B 1 1 ~ B 1 9、B 3 1 ~ B 3 7 ...	計測ビーム	
B 2 1 ~ B 2 7、B 4 1 ~ B 4 9 ...	参照ビーム	
B S 1 ...	ビーム分割部、	B S 2 ... ビーム合成部
C T ...	主制御部	
C T U ...	駆動制御ユニット	
d 1 ~ d 4 ...	反射が生じる点	30
D 1、D 2 ...	迷光の発生点	
E 0 ...	入力ビーム、	E 1 ... 計測ビーム、
E X ...	露光装置	E 2 ... 参照ビーム
F M ...	基本マーク群	
I F S ...	干渉システム	
P D a、P D b ...	焦点位置検出系センサ	
R A ...	マスクアライメント系センサ	
R T ...	レチクル (マスク)	
S 1 1、S 2 1、S 3 1、S 4 1 ...	第 1 偏光分離面	
S 1 2、S 2 2、S 3 2、S 4 2 ...	第 2 偏光分離面	40
S 5 1、S 5 2 ...	偏光分割面	
S 5 3、S 5 4 ...	反射面	
S G ...	ステージ装置	
S W ...	ウエハ (基板)	
W A 1、W A 2 ...	基板アライメント系センサ	
W F P ...	基準平面板	

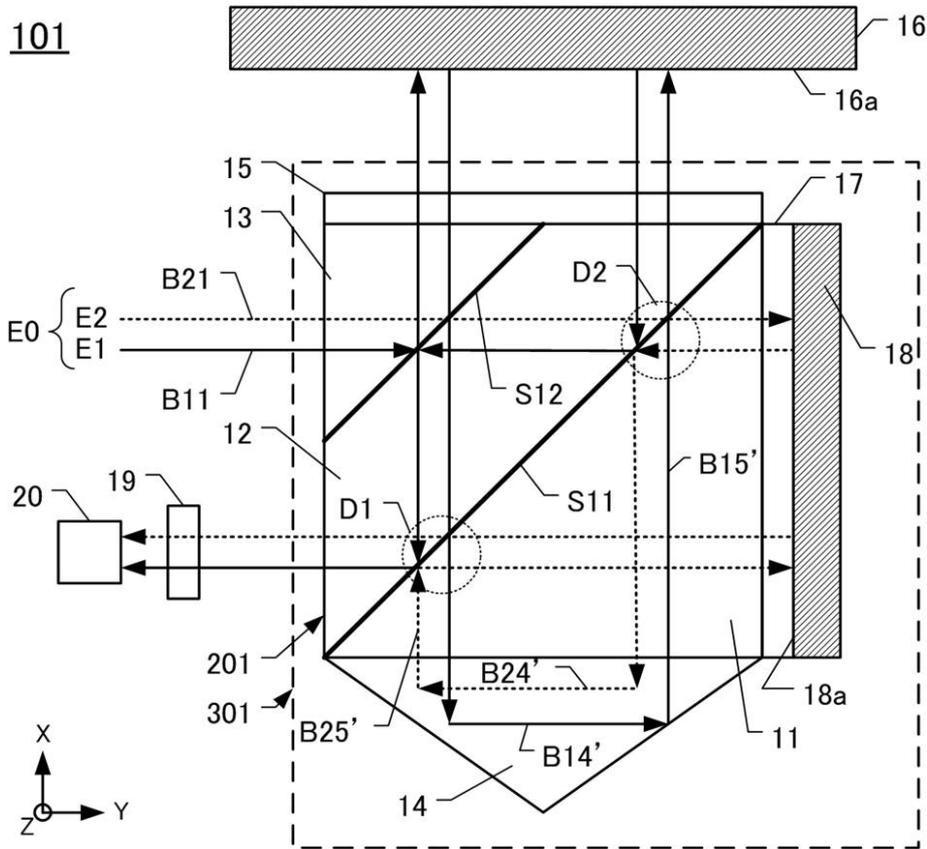
【 図 1 】

101

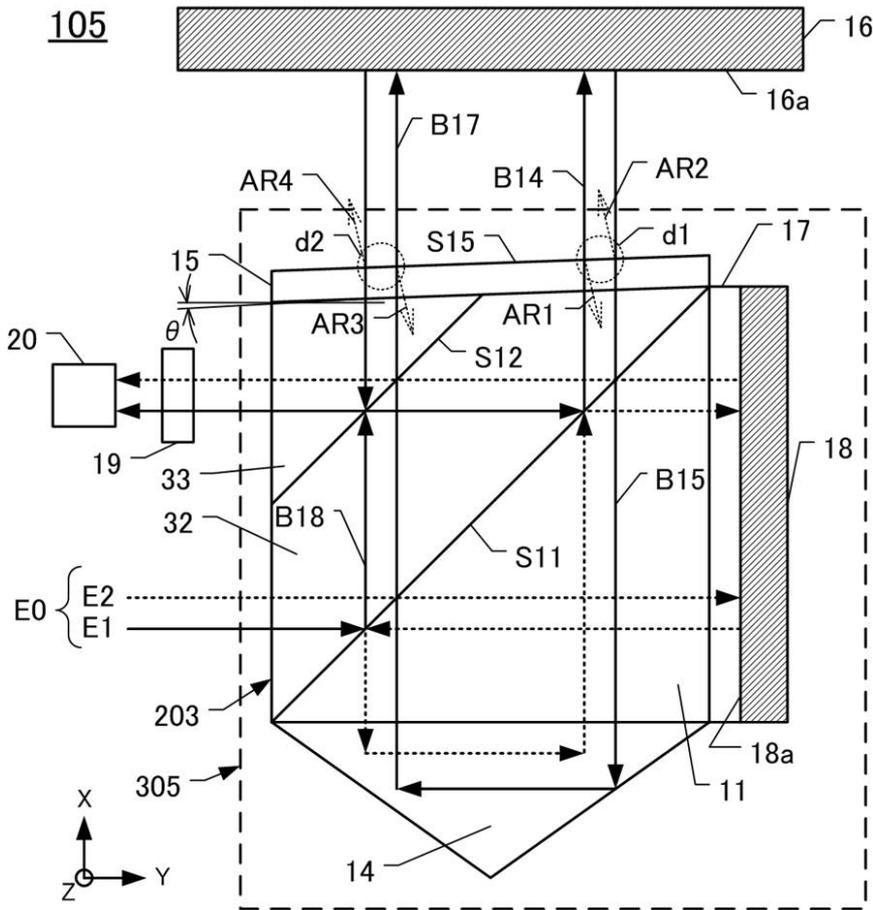


【 図 2 】

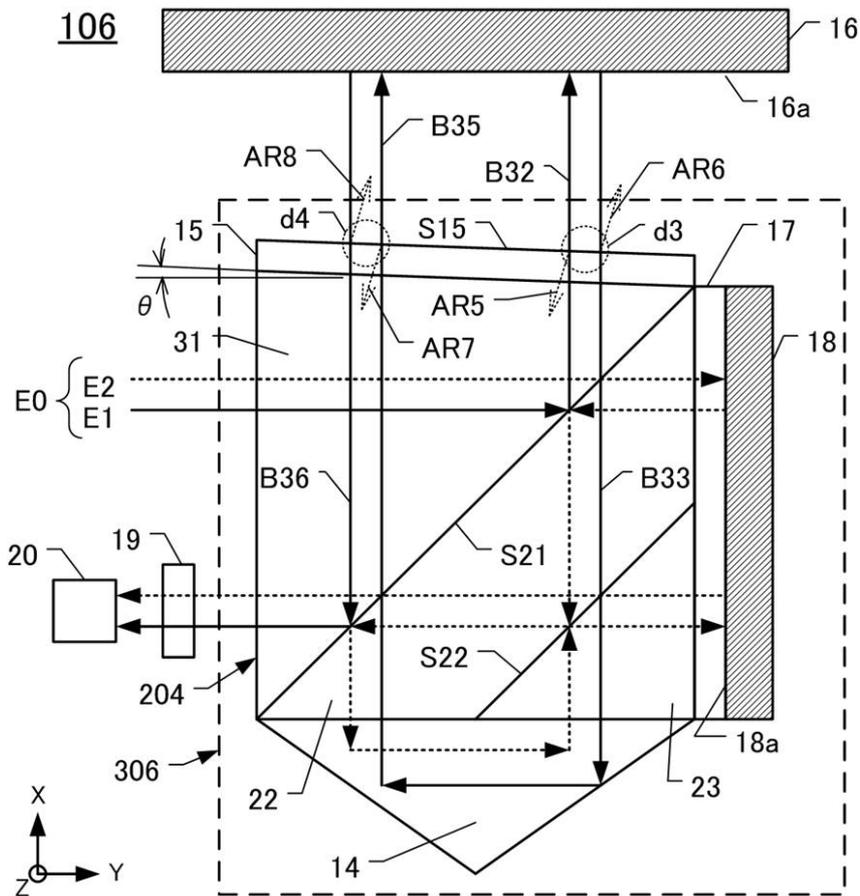
101



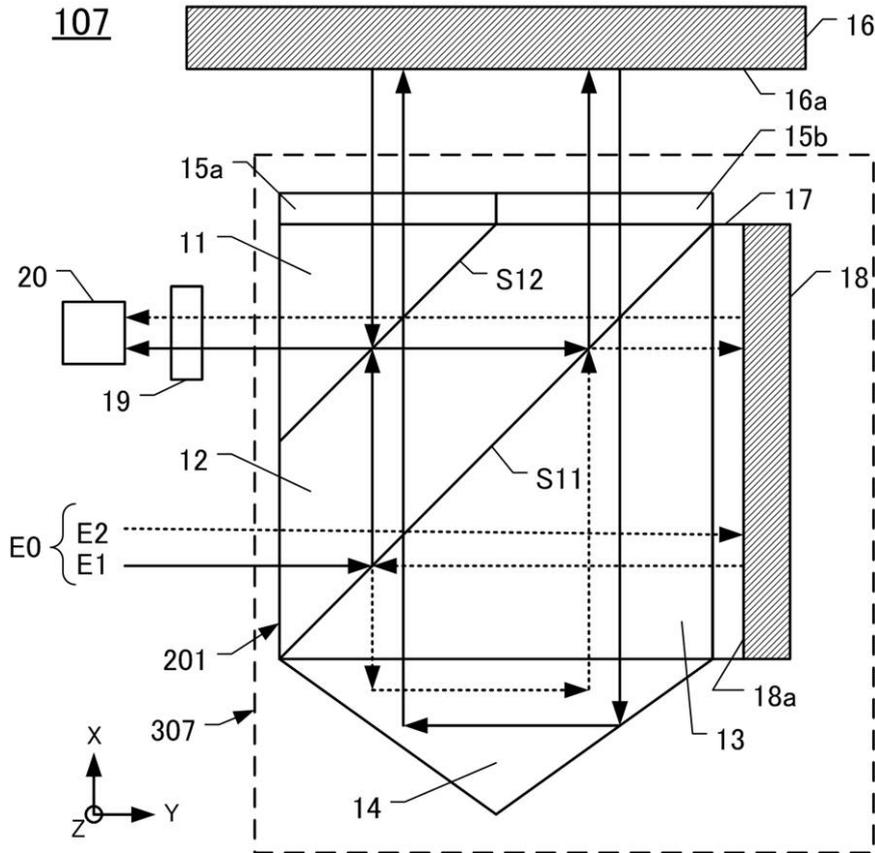
【 図 7 】



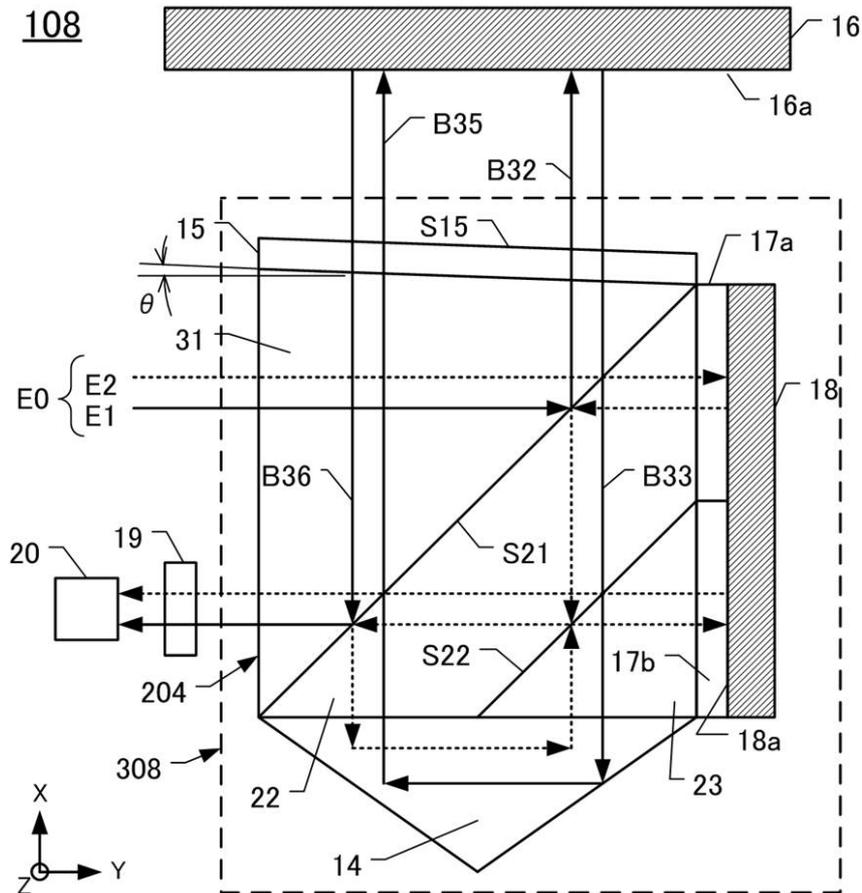
【 図 8 】



【図9】

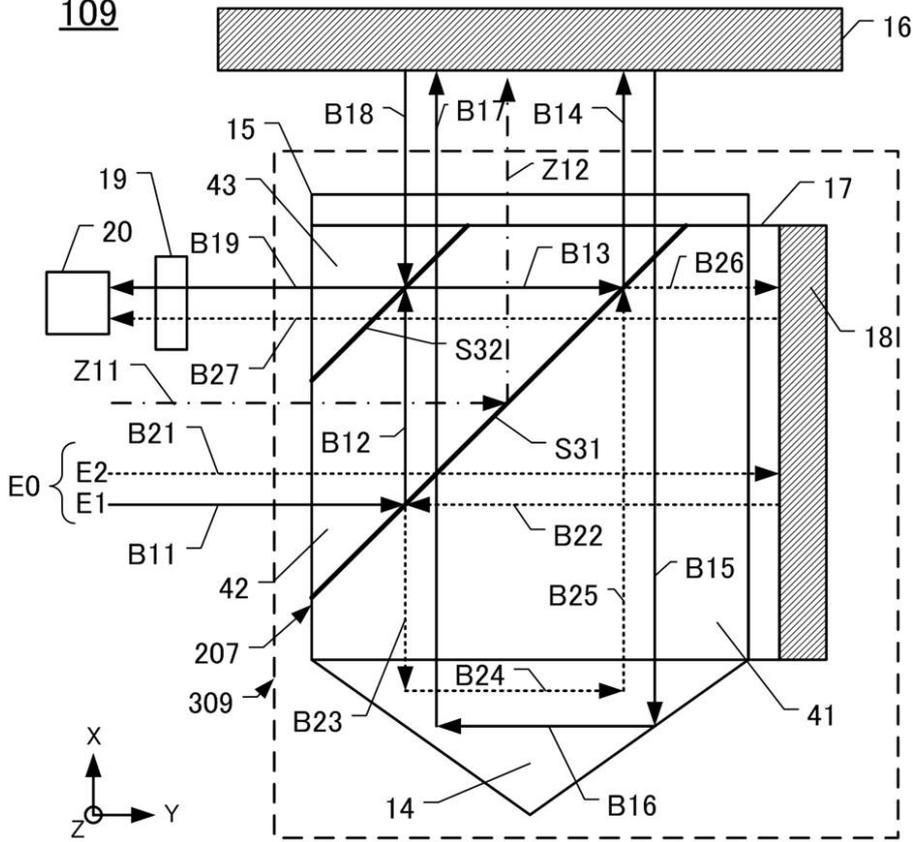


【図10】



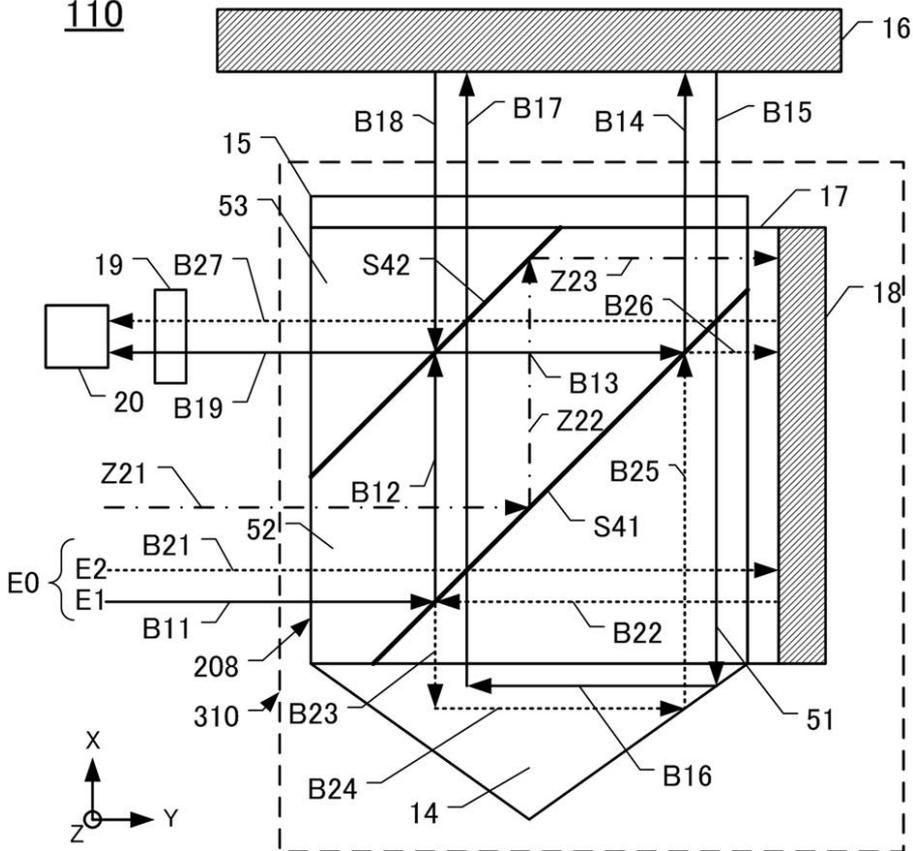
【図 1 1】

109



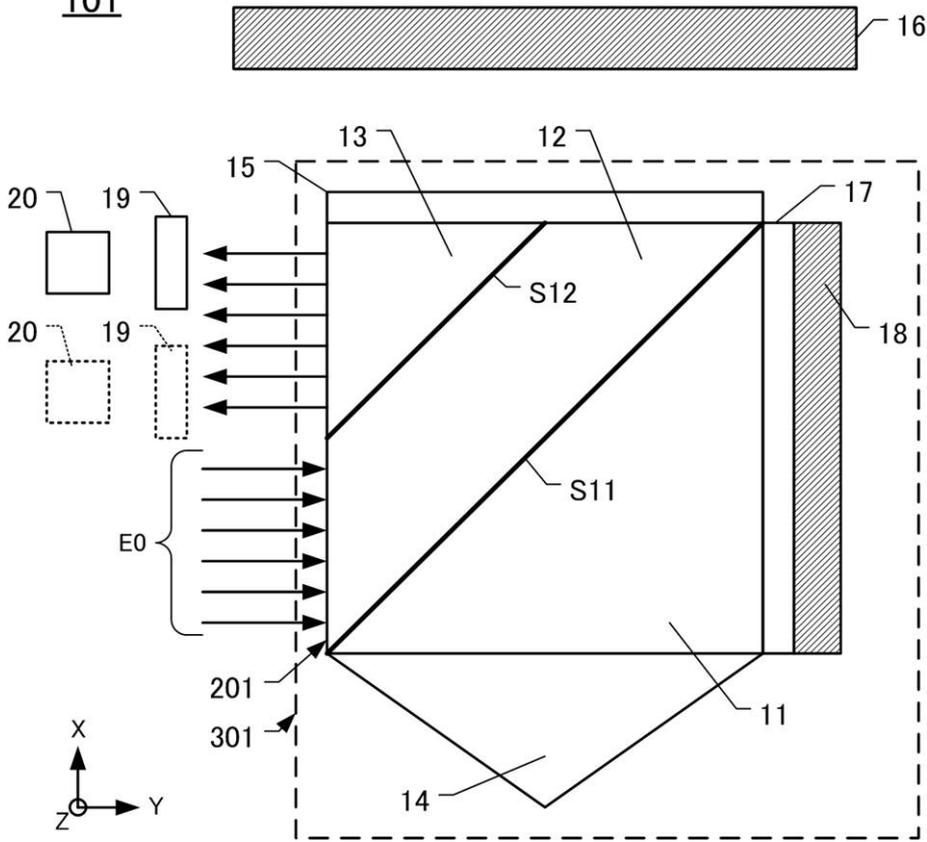
【図 1 2】

110



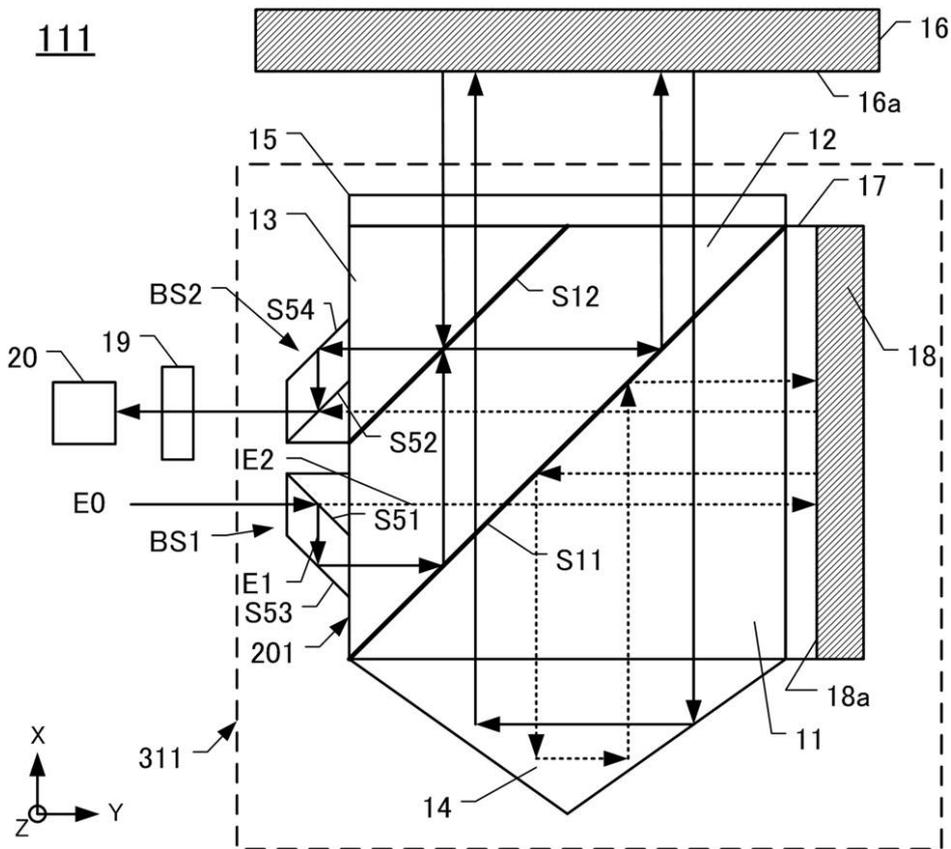
【図 1 3】

101



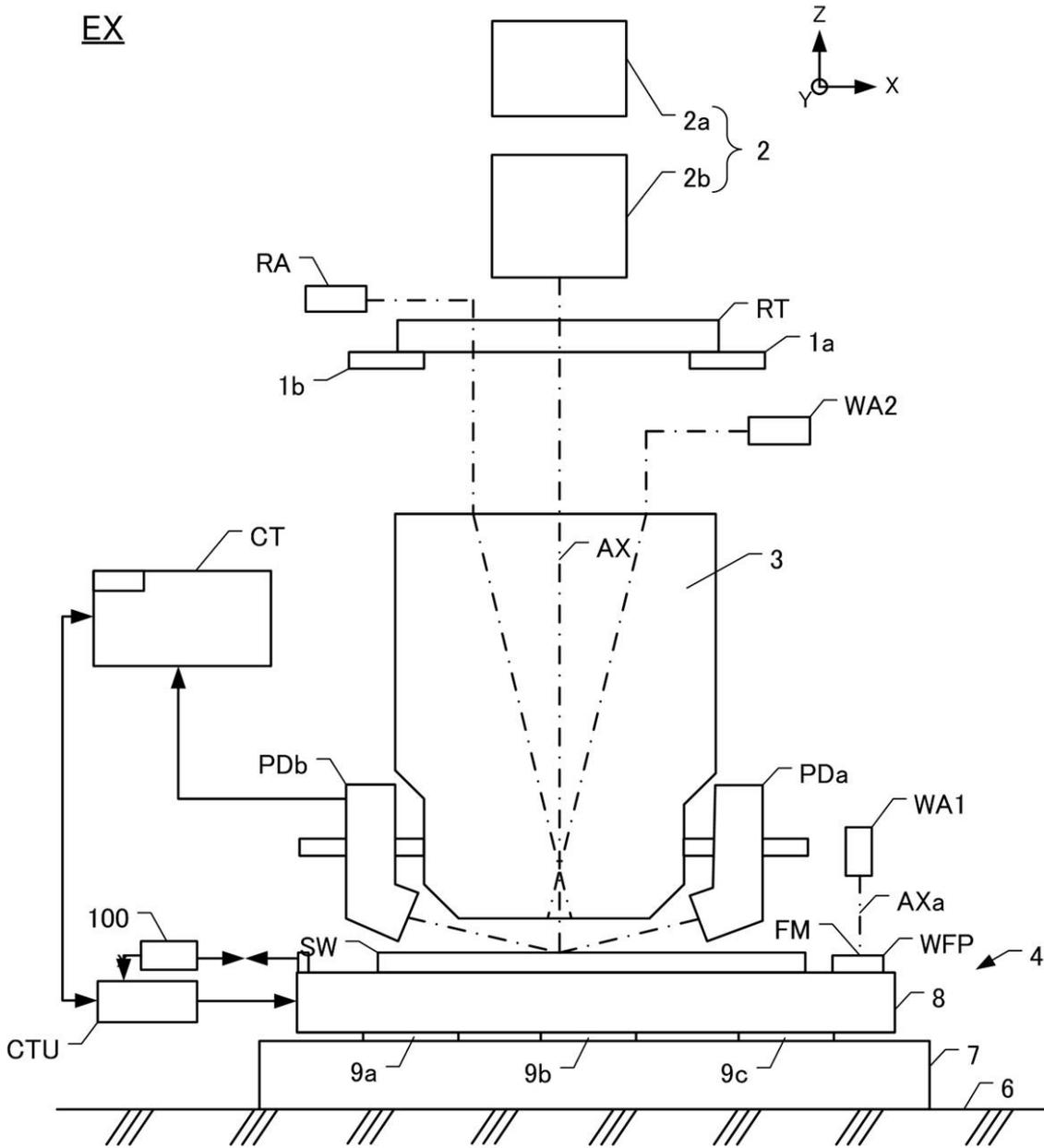
【図 1 4】

111



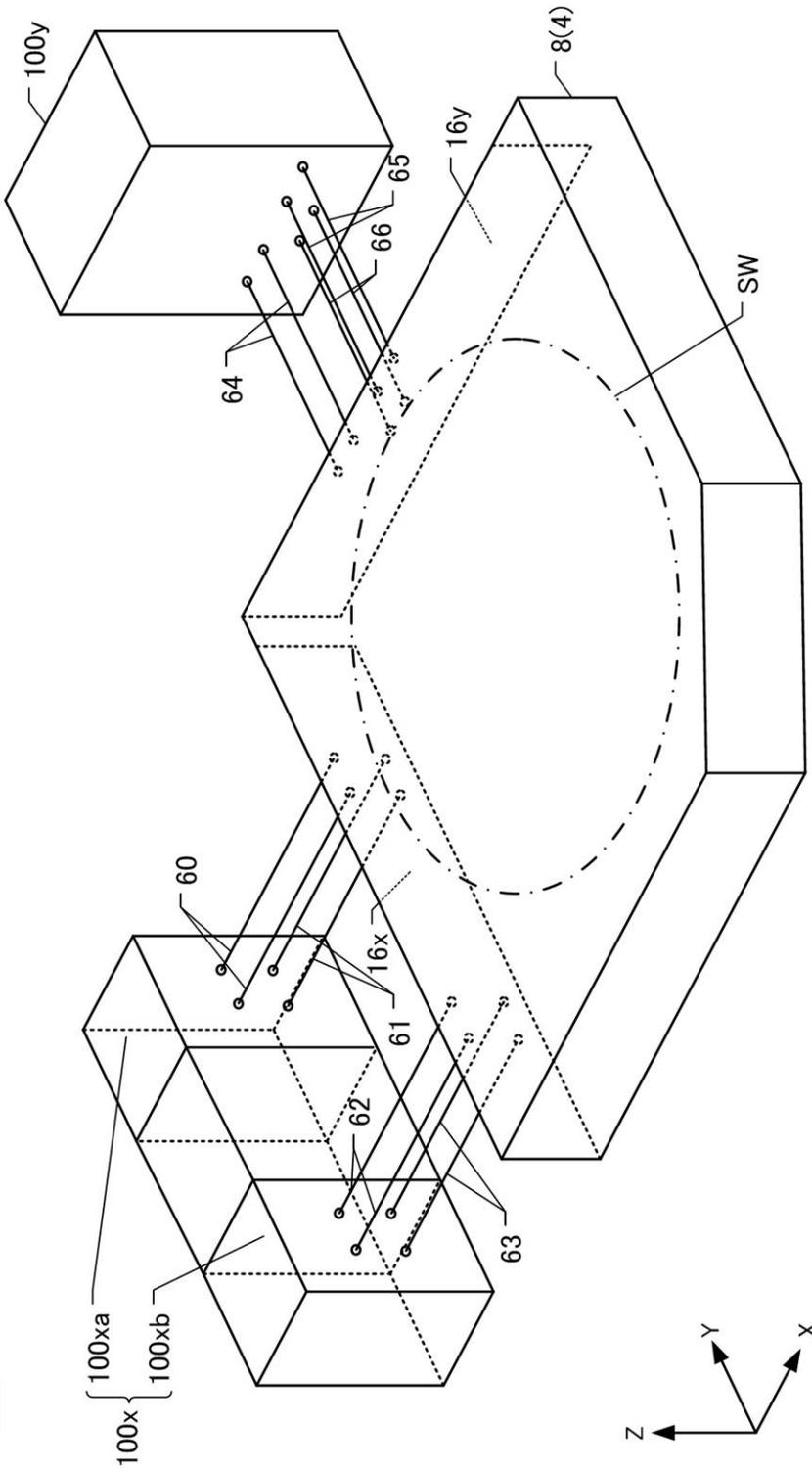
【 図 1 5 】

EX



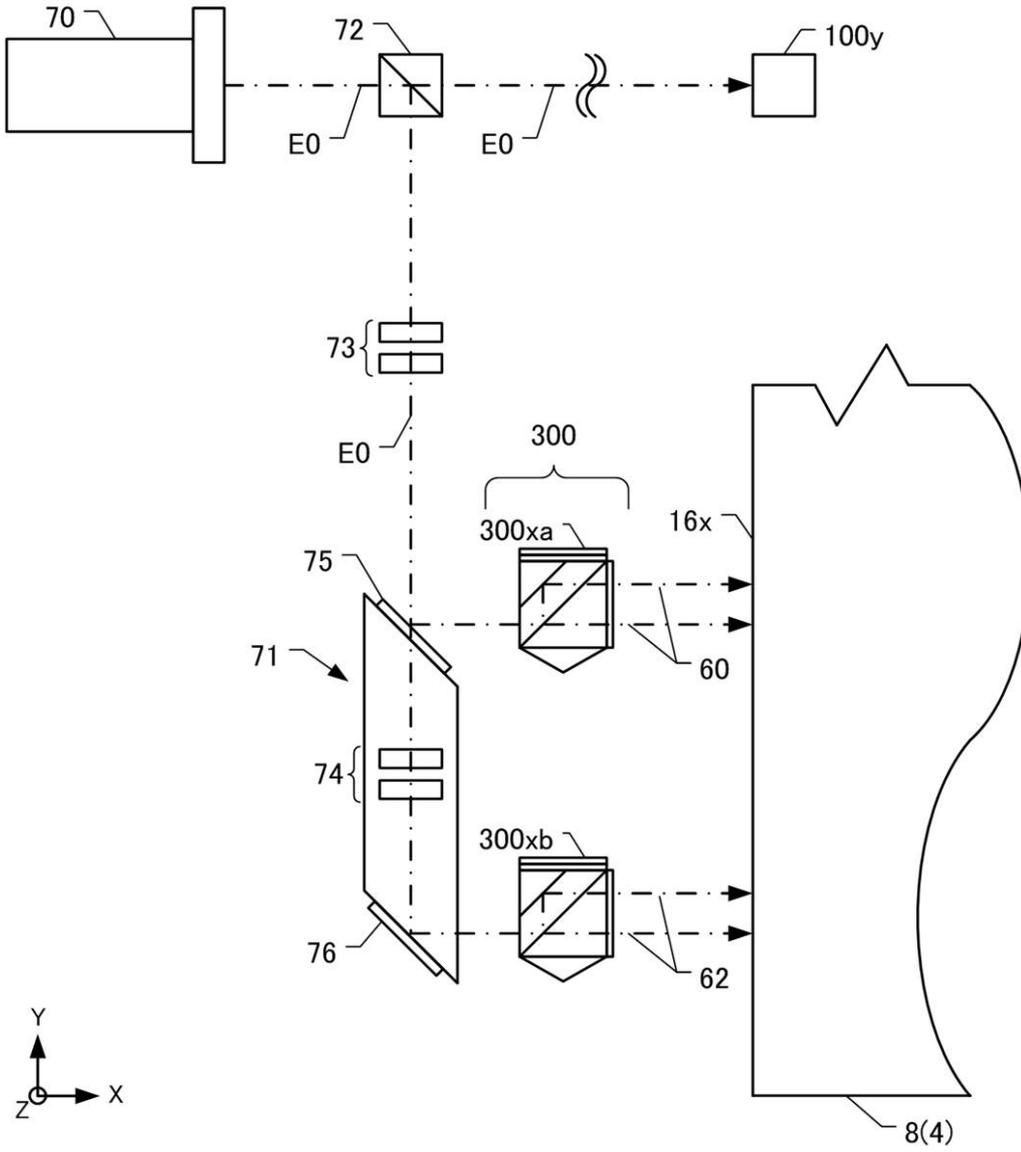
【図16】

SG

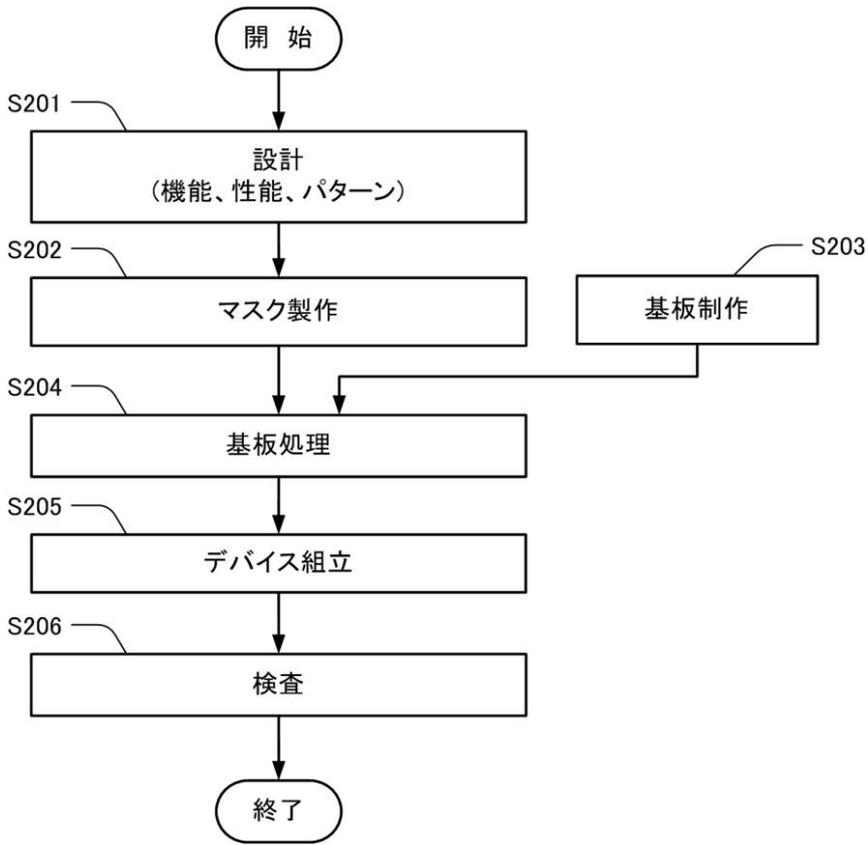


【図 17】

IFS



【図18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
G 0 1 B 11/26	(2006.01)	G 0 1 B 11/00	G	
		G 0 1 B 11/26	G	

(72)発明者 栗山 要助
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72)発明者 内川 清
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 2F064 AA01 BB01 CC03 DD08 EE01 GG12 GG16 GG18 GG22 GG23
 GG34 GG38 HH01
 2F065 AA06 AA37 AA39 BB15 CC17 DD04 FF52 LL12 LL17 LL34
 LL36 LL37 MM02 PP12 UU07
 2H149 AA22 AB00 BA04 BA27 DA04 EA02 FA41Y FC00
 5F031 CA02 CA05 HA53 JA06 JA14 JA27 JA32 KA05 MA27
 5F046 CC01 CC16 DB05 DC12