(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2023-61894
(P2023-61894A)
(43)公開日　令和5年5月2日(2023.5.2)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
G01D	*5/347(2006.01)*	G01D	5/347	110D	2F103

審査請求　未請求　請求項の数　15　OL　外国語出願　（全20頁）

(21)出願番号　特願2022-152115(P2022-152115)
(22)出願日　令和4年9月26日(2022.9.26)
(31)優先権主張番号　10 2021 211 814.3
(32)優先日　令和3年10月20日(2021.10.20)
(33)優先権主張国・地域又は機関
ドイツ(DE)

(71)出願人　390014281
ドクトル・ヨハネス・ハイデンハイン・ゲゼルシヤフト・ミツト・ベシユレンクテル・ハフツング
DR. JOHANNES HEIDENHAIN GESELLSCHAFT MIT BESCHRANKTER HAFTUNG
ドイツ連邦共和国、８３３０１ トラウンロイト、ドクトル－ヨハネス－ハイデンハイン－ストラーセ、５
(74)代理人　100118902
弁理士　山本 修
(74)代理人　100106208
弁理士　宮前 徹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　光学式位置測定機構

(57)【要約】　（修正有）
【課題】異なる平面においても２つの測定方向に沿って互いに対して移動可能であり、かつ互いに対して交差して配置されている少なくとも２つのスケールの相対位置を捕捉するための光学式位置測定機構に関する。
【解決手段】両方のスケールは少なくとも１つの測定目盛を有し、スケールの長手延在方向は、第１または第２の測定方向に対して平行に方向づけられ、第１のスケールでは照明光線束の部分光線束への分割が行われ、部分光線束は第２のスケールにぶつかって第１のスケールの方向に後方反射する。部分光線束が第１のスケールに衝突し再統合され、信号光線束が検出ユニットの方向に伝播し、第１または第２の測定方向に沿ったスケールの相対移動に関する走査信号が生成可能である。スケールの測定目盛が２次元の十字格子として形成されており、邪魔な比較的高次の回折次数が十字格子において抑制されるようなフィルタ作用をこの十字格子は保持する。
【選択図】図２

FIG. 2a

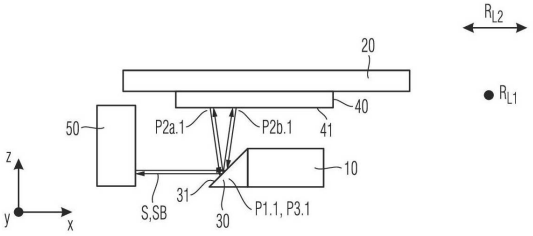
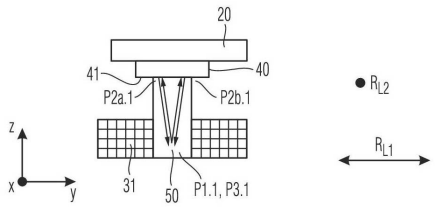


FIG. 2b



【特許請求の範囲】
【請求項１】
異なる平面においても２つの測定方向に沿って互いに対して移動可能であり、かつ互いに対して交差して配置されている少なくとも２つのスケールの相対位置を捕捉するための光学式位置測定機構であって、
－ 前記両方のスケールがそれぞれ、少なくとも１つの測定方向に沿って規則的に配置された異なる光学特性をもつ格子領域を備える少なくとも１つの測定目盛を有し、前記スケールの長手延在方向がそれぞれ、第１または第２の測定方向に対して平行に方向づけられており、
－ 前記第１のスケールでは、光源から放出された照明光線束の、少なくとも２つの部分光線束への分割が行われ、
－ 前記部分光線束がその後、前記第２のスケールにぶつかって、前記第１のスケールの方向に後方反射し、
－ 前記後方反射された部分光線束が改めて前記第１のスケールに衝突し、そこで再統合され、これによりその後、結果として生じる少なくとも１つの信号光線束が検出ユニットの方向に伝播し、前記検出ユニットを介し、前記第１または第２の測定方向に沿った前記スケールの相対移動に関する１つまたは複数の位置依存の走査信号が生成可能である光学式位置測定機構において、
少なくとも１つのスケール（３０、４０；１３０．１、１３０．２、１４０．１、１４０．２）の前記測定目盛（Ｇ１、Ｇ２、Ｇ３；３１、４１；１１３１．１、１１３１．２、１１４１．１、１１４１．２）が２次元の十字格子（１３１．１；２３１．１、３３１．１；４３１．１；５３１．１；６３１．１）として形成されており、邪魔な比較的高次の回折次数が前記十字格子（１３１．１；２３１．１；３３１．１；４３１．１；５３１．１；６３１．１）において抑制されるようなフィルタ作用を前記十字格子が保持することを特徴とする光学式位置測定機構。
【請求項２】
前記十字格子（１３１．１；２３１．１；３３１．１；４３１．１；５３１．１；６３１．１）が、市松模様状に配置された異なる光学特性をもつ第１および第２の広範囲な測定目盛領域（$M1_1$、$M1_2$）を有し、前記第１および第２の広範囲な測定目盛領域（$M1_1$、$M1_2$）が、前記十字格子（１３１．１；２３１．１；３３１．１；４３１．１；５３１．１；６３１．１）の長手延在方向（R_{L1}）に沿って第１の領域周期性（P_{B1}）で規則的に、および長手延在方向（R_{L1}）に対して直交に方向づけられている横延在方向（R_{Q1}）に沿って第２の領域周期性（P_{B2}）で規則的に、市松模様形に配置されており、前記第１および第２の広範囲な測定目盛領域（$M1_1$、$M1_2$）に、１次元または２次元の規則的なライン格子が重なっていることを特徴とする請求項１に記載の光学式位置測定機構。
【請求項３】
前記ライン格子が、各々の広範囲な測定目盛領域（$M1_1$、$M1_2$）内で、それぞれライン格子領域を有し、前記ライン格子領域が、
－ 前記広範囲な測定目盛領域（$M1_1$、$M1_2$）の全長にわたって延在し、第１の延在方向（R_{L1}；R_{Q1}）に対して平行で、互いに対して第１の間隔（d_1；d_2）をあけて配置されている真っすぐな格子線（$L1_1$、$L1_2$；$L2_1$、$L2_2$）の少なくとも１つの第１のペアを含み、
－ ２次元のライン格子の場合にはさらに、前記広範囲な測定目盛領域（$M1_1$、$M1_2$）の全長にわたって延在し、前記第１の延在方向（R_{Q1}；R_{L1}）に対して垂直に方向づけられている第２の延在方向（R_{L1}；R_{Q1}）に沿って、互いに対して第２の間隔（d_2；d_1）をあけて配置されている真っすぐな格子線（$L2_1$、$L2_2$；$L1_1$、$L1_2$）の第２のペアを含み、
－ 前記ライン格子領域が、前記第１の延在方向（R_{L1}；R_{Q1}）に沿って、前記十字格子（１３１．１；２３１．１；３３１．１；４３１．１；５３１．１；６３１．１）

の前記広範囲な測定目盛領域（Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$）と同一の周期性を保持し、
－　２次元のライン格子の場合には、前記ライン格子領域が、前記第２の延在方向（Ｒ$_{Q1}$；Ｒ$_{L1}$）に沿っても前記十字格子（１３１．１；２３１．１；３３１．１；４３１．１；５３１．１；６３１．１）の前記広範囲な測定目盛領域（Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$）と同一の周期性を有することを特徴とする請求項２に記載の光学式位置測定機構。
【請求項４】
前記広範囲な測定目盛領域（Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$）内に、前記第１の延在方向（Ｒ$_{L1}$；Ｒ$_{Q1}$）および／または前記第２の延在方向（Ｒ$_{Q1}$；Ｒ$_{L1}$）に沿ってそれぞれ少なくとも３つの、互いから前記格子線（Ｌ１$_1$、Ｌ１$_2$、Ｌ２$_1$、Ｌ２$_2$）によって分離された領域が存在することを特徴とする請求項３に記載の光学式位置測定機構。
【請求項５】
前記十字格子（１３１．１；２３１．１；３３１．１；４３１．１；５３１．１；６３１．１）における異なる光学特性として、
－　異なる透過特性および／または
－　異なる反射特性および／または
－　異なる移相作用
が企図されていることを特徴とする請求項２に記載の光学式位置測定機構。
【請求項６】
前記十字格子（１３１．１；２３１．１；３３１．１；４３１．１）が、２つの異なる光学特性をもつバイナリ格子として形成されており、前記ライン格子の前記格子線（Ｌ１$_1$、Ｌ１$_2$、Ｌ２$_1$、Ｌ２$_2$）がそれぞれ、前記第１および第２の広範囲な測定目盛領域（Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$）の光学特性とは別の光学特性を有することを特徴とする請求項３から５のいずれか一項に記載の光学式位置測定機構。
【請求項７】
前記十字格子（５３１．１；６３１．１）が前記第１と第２の広範囲な測定目盛領域（Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$）の間に間隔領域（Ｍ１$_3$）を有し、前記間隔領域（Ｍ１$_3$）が、前記第１および第２の広範囲な測定目盛領域（Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$）の光学特性とは異なる第３の光学特性を保持することを特徴とする請求項２から５のいずれか一項に記載の光学式位置測定機構。
【請求項８】
前記第１と第２の広範囲な測定目盛領域（Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$）の間の前記間隔領域（Ｍ１$_3$）が、長手延在方向（Ｒ$_{L1}$）および横延在方向（Ｒ$_{Q1}$）に沿ってそれぞれ同一の幅（Ｐ$_{A1}$、Ｐ$_{A2}$）を有することを特徴とする請求項７に記載の光学式位置測定機構。
【請求項９】
前記間隔領域（Ｍ１$_3$）が構造化されて形成されていることを特徴とする請求項７に記載の光学式位置測定機構。
【請求項１０】
前記第２のスケール（４０；１４０．１、１４０．２）の前記測定目盛（４１；１１４１．１、１１４１．２）が、反射性の直線格子（１４１．１）として形成されており、前記直線格子（１４１．１）が、前記第２のスケール（４０；１４０．１、１４０．２）の長手延在方向（Ｒ$_{L2}$）に沿って規則的に配置され、それによって反射される前記光線束への異なる移相作用をもつ測定目盛領域（１４１．１ａ、１４１．１ｂ）を有することを特徴とする請求項１から９のいずれか一項に記載の光学式位置測定機構。
【請求項１１】
前記第２のスケール（４０；１４０．１、１４０．２）の前記直線格子（１４１．１）が、特定の回折次数ｎ＞１が抑制されるようなフィルタ作用を保持することを特徴とする請求項１０に記載の光学式位置測定機構。
【請求項１２】
さらに、前記測定目盛（Ｇ１、Ｇ２、Ｇ３；３１、４１；１１３１．１、１１３１．２、１１４１．１、１１４１．２）の少なくとも１つが、それによって結果として生じる前

記回折次数がそれぞれ規定の偏光を保持するように形成されていることを特徴とする請求項１から１１のいずれか一項に記載の光学式位置測定機構。
【請求項１３】
前記スケール（３０、４０；１３０．１、１３０．２、１４０．１、１４０．２）の少なくとも１つが、その長手延在方向（R_{L1}、R_{L2}）を中心として傾斜して配置されていることを特徴とする請求項１から１２のいずれか一項に記載の光学式位置測定機構。
【請求項１４】
テーブルおよび複数の、請求項１から１３のいずれか一項に記載の光学式位置測定機構を備えた構成において、
－ 前記テーブル（１１０）が、水平移動平面において、２つの直交する測定方向（ｘ、ｙ）に沿って移動可能に配置されており、
－ 前記テーブル（１１０）の向かい合う側に２つの第１のスケール（１３０．１、１３０．２）が配置されており、
－ 少なくとも１つの第２のスケール（１４０．１、１４０．２）が、前記両方の第１のスケール（１３０．１、１３０．２）に対して静止状態で９０°の角度で交差して、前記水平移動平面から方向（ｚ）に沿って離隔した平面内に配置されており、前記方向（ｚ）が前記移動平面に対して直交に方向づけられており、
－ 前記第１のスケール（１３０．１、１３０．２）を備えた前記テーブル（１１０）の前記向かい合う側に隣接して複数の走査ユニット（１５０．１～１５０．４）が静止状態で配置されており、前記走査ユニット（１５０．１～１５０．４）がそれぞれ光源および検出ユニットを含む
ことを特徴とする構成。
【請求項１５】
－ 前記両方の第１のスケール（１３０．１、１３０．２）がそれぞれ、２次元の十字格子（１３１．１；２３１．１；３３１．１；４３１．１；５３１．１；６３１．１）の形態での反射性の測定目盛（１１３１．１、１１３１．２）を有し、その長手延在方向（R_{L1}）を中心として、前記水平移動平面に対して傾斜して配置されており、
－ 前記第２のスケール（１４０．１、１４０．２）が、長手延在方向（R_{L2}）に対して平行に延在する２つの平行なトラック内で少なくとも２つの反射性の測定目盛（１１４１．１、１１４１．２、１１４１．３、１１４１．４）を有し、前記測定目盛（１１４１．１、１１４１．２、１１４１．３、１１４１．４）がそれぞれ反射性の直線格子として形成されており、前記直線格子が、それぞれの長手延在方向（R_{L2}）に沿って規則的に配置された目盛領域（１１４１．１ａ、１１４１．１ｂ、１１４１．２ａ、１１４１．２ｂ）を有し、前記反射性の測定目盛（１１４１．１、１１４１．２、１１４１．３、１１４１．４）の格子平面が、前記水平移動平面に対して平行に方向づけられていることを特徴とする請求項１４に記載の構成。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、少なくとも２つの測定方向に沿って互いに対して移動可能な２つの物体の高精度の位置測定に適した光学式位置測定機構に関する。これに関し、両方の物体はそれぞれスケールと結合している。
【背景技術】
【０００２】
干渉走査原理をベースとする光学式位置測定機構が公知であり、この光学式位置測定機構では、照明光線束がスケールの測定目盛での回折によって異なる部分光線束に分割され、これらの部分光線束はその後、走査光線経路を通り抜け、その際に１つまたは複数のさらなるスケールにぶつかる。適切な部分光線束の再統合の後、スケールがもう一方のスケールに対して変位する際、両方の部分光線束の干渉から、検出ユニットにおいて規則的な信号が生じる。検出ユニットにおける信号周期を数えることにより、両方のスケールまた

はこれらのスケールと結合した物体の変位の大きさが推定され得る。
【０００３】
このような光学式位置測定機構は、例えば半導体産業における高精度の位置測定に用いられ、半導体産業では、例えばフォトリソグラフィのための露光マスクが、１メートル／秒超の速度でウェハに対して相対的に移動し、このとき、数ナノメートル以下の範囲の位置決め精度が保たれなければならない。格子ベースの位置測定機構の、干渉計に対する決定的な利点は、干渉する部分光線束が非常に短い距離しか進まなくてよいことにある。これにより、格子ベースの位置測定機構は、気圧変動、温度変動、および湿度変動のような環境の及ぼす影響によって妨害されることがほとんどなく、これら環境の及ぼす影響は、例えば空気の屈折率の変動を通して測定を歪曲し得る。
【０００４】
ＷＯ２００８／１３８５０１Ａ１から、２つの交差するスケールを含み、これらのスケールがそれぞれ、共通の測定方向を横切って規則的に配置された線または格子領域をもつ測定目盛を有する光学式位置測定機構が公知である。位置依存の信号を生成するために干渉走査原理が使用される。このような位置測定機構により、２つの方向に移動可能なテーブルの第１の測定方向ｘに沿った位置が、もう１つの第２の測定方向ｙに沿ったテーブルの位置に関係なく高精度で捕捉され得る。２つの互いに対して直交に配置されたこのような位置測定機構を使用する場合、テーブルの位置は、第２の測定方向ｙに沿っても、今度は第１の測定方向ｘに沿ったテーブルの位置に関係なく高精度で捕捉され得る。
【０００５】
さらに、干渉を用いた光学式位置測定機構を備えた同等の構成が、米国特許出願公開第２００９／０１３５３８８Ａ１号からも公知である。この構成は、半導体製作機構内の移動可能なテーブルの、水平移動平面内での、器具に対する位置を決定するために使用される。テーブル上には、例えばウェハが配置されてもよく、器具は露光対物レンズであり得る。これに関し図６Ｂの例では、移動可能なテーブルに、２次元格子として形成されている第１のスケールが配置されており、第２のスケールも２次元格子として形成されており、第１のスケールとは違って静止状態で配置されている。このような構成により、水平なｘｙ移動平面内でのテーブルの移動が捕捉され得る。
【０００６】
一般的に、スケールの干渉走査では規則的な位置誤差が結果として生じる。この位置誤差は補間誤差とも呼ばれ、測定精度を望ましくなく低下させる。引用した両方の文献からは、交差したスケールを備えた光学式位置測定機構においてこのような位置誤差または補間誤差を最小限に抑えることに適した措置は読み取れない。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００７】
【特許文献１】ＷＯ２００８／１３８５０１Ａ１
【特許文献２】米国特許出願公開第２００９／０１３５３８８（Ａ１）号
【特許文献３】ＥＰ２８５７９０１Ａ１
【特許文献４】ＥＰ３７３９３００Ａ１
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
本発明の基礎となる課題は、位置誤差のできるだけ少ない位置測定を保証する、交差して配置されたスケールを備えた高精度の光学式位置測定機構を提示することである。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
この課題は本発明により、請求項１の特徴をもつ光学式位置測定機構によって解決される。
本発明による光学式位置測定機構の有利な実施形態は、従属請求項に記載された措置か

ら明らかである。

【００１０】

本発明による光学式位置測定機構は、異なる平面においても２つの測定方向に沿って互いに対して移動可能であり、かつ互いに対して交差して配置されている少なくとも２つのスケールの相対位置を捕捉するために用いられる。これに関し両方のスケールはそれぞれ、少なくとも１つの測定方向に沿って規則的に配置された異なる光学特性をもつ格子領域を備える少なくとも１つの測定目盛を有し、これらのスケールの長手延在方向はそれぞれ、第１または第２の測定方向に対して平行に方向づけられている。第１のスケールでは、光源から放出された照明光線束の、少なくとも２つの部分光線束への分割が行われる。部分光線束はその後、第２のスケールにぶつかって、第１のスケールの方向に後方反射する。この後方反射された部分光線束が改めて第１のスケールに衝突し、そこで再統合され、これによりその後、結果として生じる少なくとも１つの信号光線束が検出ユニットの方向に伝播し、この検出ユニットを介し、第１または第２の測定方向に沿ったスケールの相対移動に関する１つまたは複数の位置依存の走査信号が生成可能である。少なくとも１つのスケールの測定目盛が２次元の十字格子として形成されており、邪魔な比較的高次の回折次数がこの十字格子において抑制されるようなフィルタ作用をこの十字格子は保持する。

【００１１】

十字格子は、市松模様状に配置された異なる光学特性をもつ第１および第２の広範囲な測定目盛領域を有してもよく、この第１および第２の広範囲な測定目盛領域は、十字格子の長手延在方向に沿って第１の領域周期性で規則的に、および長手延在方向に対して直交に方向づけられている横延在方向に沿って第２の領域周期性で規則的に、市松模様形に配置されており、この第１および第２の広範囲な測定目盛領域に、１次元または２次元の規則的なライン格子が重なっている。

【００１２】

ライン格子は、各々の広範囲な測定目盛領域内で、それぞれライン格子領域を有することができ、このライン格子領域は、

－　広範囲な測定目盛領域の全長にわたって延在し、第１の延在方向に対して平行で、互いに対して第１の間隔をあけて配置されている真っすぐな格子線の少なくとも１つの第１のペアを含み、

－　２次元のライン格子の場合にはさらに、広範囲な測定目盛領域の全長にわたって延在し、第１の延在方向に対して垂直に方向づけられている第２の延在方向に沿って、互いに対して第２の間隔をあけて配置されている真っすぐな格子線の第２のペアを含み、

－　ライン格子領域は、第１の延在方向に沿って、十字格子の広範囲な測定目盛領域と同一の周期性を保持し、

－　２次元のライン格子の場合には、ライン格子領域が、第２の延在方向に沿っても十字格子の広範囲な測定目盛領域と同一の周期性を有する。

【００１３】

好ましくは、広範囲な測定目盛領域内に、第１の延在方向および／または第２の延在方向に沿ってそれぞれ少なくとも３つの、互いから格子線によって分離された領域が存在することが企図されている。

【００１４】

十字格子における異なる光学特性として、

－　異なる透過特性および／または

－　異なる反射特性および／または

－　異なる移相作用

が企図されている場合もある。

【００１５】

可能な一実施形態では、十字格子を、２つの異なる光学特性をもつバイナリ格子として形成されていてもよく、ライン格子の格子線はそれぞれ、第１および第２の広範囲な測定目盛領域の光学特性とは別の光学特性を有する。

【００１６】
さらに、十字格子が第１と第２の広範囲な測定目盛領域の間に間隔領域を有することが可能であり、この間隔領域は、第１および第２の広範囲な測定目盛領域の光学特性とは異なる第３の光学特性を保持する。
【００１７】
これに関し、第１と第２の広範囲な測定目盛領域の間の間隔領域は、長手延在方向および横延在方向に沿ってそれぞれ同一の幅を有し得る。
さらに、間隔領域は構造化されて形成されていてもよい。
【００１８】
これに加え、第２のスケールの測定目盛は、反射性の直線格子として形成されていることが可能であり、この直線格子は、第２のスケールの長手延在方向に沿って規則的に配置された、それによって反射される光線束への異なる移相作用をもつ測定目盛領域を有する。
【００１９】
これに関し、第２のスケールの直線格子は、特定の回折次数ｎ＞１が抑制されるようなフィルタ作用を保持し得る。
加えてさらに、測定目盛の少なくとも１つが、それによって結果として生じる回折次数がそれぞれ規定の偏光を保持するように形成されていることが企図されている場合もある。
【００２０】
スケールの少なくとも１つが、その長手延在方向を中心として傾斜して配置されていることが有利である。
テーブルを備えた構成において、複数の本発明による光学式位置測定機構が設けられていてもよく、
－　テーブルは、水平移動平面において、２つの直交する測定方向に沿って移動可能に配置されており、
－　テーブルの向かい合う側に２つの第１のスケールが配置されており、
－　少なくとも１つの第２のスケールが、両方の第１のスケールに対して静止状態で９０°の角度で交差して、水平移動平面から一方向に沿って離隔した平面内に配置されており、この方向が移動平面に対して直交に方向づけられており、
－　第１のスケールを備えたテーブルの向かい合う側に隣接して複数の走査ユニットが静止状態で配置されており、これらの走査ユニットは、それぞれ光源および検出ユニットを含む。
【００２１】
これに関し、
－　両方の第１のスケールはそれぞれ、２次元の十字格子の形態での反射性の測定目盛を有し、その長手延在方向を中心として、水平移動平面に対して傾斜して配置されており、
－　第２のスケールは、長手延在方向に対して平行に延在する２つの平行なトラック内で少なくとも２つの反射性の測定目盛を有し、この測定目盛は、それぞれ反射性の直線格子として形成されており、この直線格子は、それぞれの長手延在方向に沿って規則的に配置された目盛領域を有し、この反射性の測定目盛の格子平面は、水平移動平面に対して平行に方向づけられていることが企図されている場合もある。
【００２２】
本発明に基づく措置により、交差したスケールを備えた光学式位置測定機構の場合に、位置誤差が著しく減少され得る。高精密な位置測定が保証され得る。
相応の位置測定機構は、例えば、水平移動平面内でのテーブルの移動を捕捉するのに特に適している。これにより、移動平面内での２つの直線状の測定方向に沿ったテーブルの並進移動および移動平面に対して垂直な回転軸を中心としたテーブルの回転移動が、測定技術によって高精度に決定され得る。

【００２３】
本発明のさらなる詳細および利点を、図と関連させて、本発明による装置の例示的実施形態の以下の説明に基づいて解説する。
【図面の簡単な説明】
【００２４】
【図１】本発明による光学式位置測定機構の１つの例示的実施形態の展開された走査光線経路を示す図である。
【図２】図２ａは、図１に基づく走査原理を利用する交差して配置されたスケールを備えた本発明による位置測定機構の部分図である。図２ｂは、図１に基づく走査原理を利用する交差して配置されたスケールを備えた本発明による位置測定機構の部分図である。
【図３】図３ａは、４つの図２ａ、図２ｂに基づく本発明による光学式位置測定機構を備えた構成の平面図である。図３ｂは、４つの図２ａ、図２ｂに基づく本発明による光学式位置測定機構を備えた構成の側面の断面図である。
【図４】本発明による光学式位置測定機構の適切な第２の測定目盛の平面図である。
【図５ａ】本発明による光学式位置測定機構のための適切な十字格子の第１の変形例の平面図である。
【図５ｂ】図５ａからの十字格子の第１の変形例の部分断面図である。
【図５ｃ】図５ａからの十字格子の第１の変形例の変形形態の部分断面図である。
【図５ｄ】図５ａからの十字格子の第１の変形例の変形形態の部分断面図である。
【図５ｅ】図５ａからの十字格子の第１の変形例の変形形態の部分断面図である。
【図６】図６ａは、本発明による光学式位置測定機構のための適切な十字格子の第２の変形例の平面図である。図６ｂは、十字格子の第２の変形例の部分断面図である。
【図７】図７ａは、本発明による光学式位置測定機構のための適切な十字格子の第３の変形例の平面図である。図７ｂは、十字格子の第３の変形例の部分断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００２５】
以下に、本発明による位置測定機構の１つの例示的実施形態および適切な測定目盛の幾つかの変形例を詳細に説明する前に、最初に図１に基づいて、このような位置測定機構のための例示的な走査光線経路が解説される。これに関し、図は走査光線経路を展開図で示す。
【００２６】
光源ＬＱによって放出された照明光線束Ｓは、最初に、格子形の第１の測定目盛Ｇ１をもつ第１のスケールに衝突する。第１のスケールまたはその測定目盛Ｇ１では、衝突点Ｐ１．１において、照明光線束Ｓが２つの部分光線束Ｓ１、Ｓ２に分割される。両方の部分光線束Ｓ１、Ｓ２はその後、衝突点Ｐ２ａ．１およびＰ２ｂ．２で、第２の格子形の測定目盛Ｇ２をもつ第２のスケールにぶつかる。そこでは部分光線束Ｓ１、Ｓ２がそれぞれ、図示したシステム全体の中心の対称軸Ａの方向に戻るように回折される。その後、衝突点Ｐ３．１では、両方の部分光線束Ｓ１、Ｓ２が、第３の測定目盛Ｇ３をもつ第３のスケールに衝突し、そこで再統合される。その後、第３の測定目盛Ｇ１上の衝突点Ｐ３．１で起こる両方の部分光線束Ｓ１、Ｓ２の回折により、２つの部分光線束Ｓ１、Ｓ２の干渉する回折次数を内包する、結果として生じる少なくとも１つの信号光線束ＳＢが、検出ユニットＤＥＴの方向に伝播する。第２の測定目盛Ｇ２が、両方の測定目盛Ｇ１、Ｇ３に対して測定方向ｙに沿って相対移動する場合には、検出ユニットＤＥＴを介し、測定目盛Ｇ２の、測定目盛Ｇ１、Ｇ３に対する相対位置の変化を特徴づける１つまたは複数の位置依存の走査信号が生成され得る。
【００２７】
これに関し、図１に示した、異なる第１および第３のスケールまたは測定目盛Ｇ１、Ｇ３を備えた展開された走査光線経路は、すべての測定目盛Ｇ１、Ｇ２、Ｇ３が透過型格子として形成されている透過光走査に相応する。その代わりに、このような走査光線経路はもちろん、反射型格子として形成された第２の測定目盛Ｇ２による落射光走査としても実

施され得る。この場合には、第１および第３のスケールまたは第１および第３の測定目盛Ｇ１、Ｇ３が同一に形成されており、つまりＧ１＝Ｇ３であり、よって第２の測定目盛Ｇ２で反射された後にもう一度、第１の測定目盛Ｇ１にぶつかる。これに関し、第１および第３の測定目盛Ｇ１、Ｇ３は、反射型格子としてまたは透過型格子として形成することが可能である。

【００２８】

以下に、互いに対して交差して配置されたスケールを備えた本発明による位置測定機構の１つの例示的実施形態におけるこのような光学式走査原理の具体的な実施形態が、図２ａおよび図２ｂに基づいて解説されている。これに関し、解説される例では、同一に形成された第１および第３の測定目盛による落射光走査が実施される。

【００２９】

相応の位置測定機構は、第１の物体１０に配置されている第１のスケール３０を含む。物体１０は、一平面内で互いに対して直交に方向づけられた２つの測定方向ｘ、ｙに沿って移動可能に配置されており、この平面に対して直交する方向は以下では方向ｚと呼ばれている。これに関し、第１のスケール３０の長手延在方向R_{L1}は、測定方向ｙに対して平行に方向づけられている。第１のスケール３１上には反射性の測定目盛３１が配置されており、この測定目盛３１は、少なくとも１つの測定方向ｘ、ｙに沿って、異なる光学特性をもつ格子領域を有する。この例では、第１の測定目盛が２次元の十字格子として形成されている。この十字格子は、邪魔な比較的高次の回折次数が十字格子において抑制されるようなフィルタ作用を保持する。これに関し、第１の測定目盛３１の様々な格子領域が、それによって反射される光線束への異なる移相作用を有し、つまり十字格子は反射型位相格子として実施されている。位置誤差を望ましく減少させるために重要な本発明による位置測定機構内の十字格子の詳細な解説は、この説明がさらに進む中で行われる。

【００３０】

第１のスケール３０に対して静止状態および交差して、ｚ方向に沿って離隔した平面内で、静止状態の第２の物体２０に第２のスケール４０が配置されている。第２のスケール４０の長手延在方向R_{L2}は、測定方向ｘに対して平行に方向づけられている。第２のスケール４０上でも、少なくとも１つの測定方向ｘ、ｙに沿って異なる光学特性をもつ格子領域を有する反射性の測定目盛４１が配置されている。図示した例では、第２の測定目盛４１は直線格子からなり、この直線格子は、第２のスケール４０の長手延在方向R_{L2}に沿って規則的に配置された、それによって反射される光線束への異なる移相特性をもつ長方形の測定目盛領域を有し、よって第２の測定目盛４１は、この例示的実施形態では反射型位相格子として形成されている。

【００３１】

本発明による位置測定機構の図示した例示的実施形態ではさらに、同様に第１のスケール３０に対して静止状態で、走査ユニット５０が設けられており、この走査ユニット５０内には光源および検出ユニットが配置されており、後者は図２ａおよび図２ｂでは詳細には示していない。これに関し、光源および検出ユニットが必ずしも直接的に走査ユニット５０内に配置される必要はない。これらのコンポーネントを走査ユニット５０から空間的に離して配置し、光源の相応の光線束を、光導波体を介して走査ユニット５０に送ること、または光導波体を介して走査ユニット５０から検出ユニットに送ることも可能である。したがってこのような一実施形態では、走査ユニット５０は純粋に受動型の構成単位として相応の光導波体だけを内包し、この光導波体のデカップリング面およびカップリング面が光源または検出ユニットとして機能する。

【００３２】

図２ａ、図２ｂでは非常に概略的に示唆しただけの走査光線経路に基づき、第１の測定目盛３１の衝突点Ｐ１では、光源からまたは走査ユニット５０から入射してくる光線束Ｓの、＋／－１次の回折次数である２つの部分光線束への分割が、ｚ方向に対して対称的に行われる。その後、両方の部分光線束は、第２の測定目盛３１上の衝突点Ｐ２ａ．１、Ｐ２ｂ．１に衝突し、そこからそれぞれ、入射してくる部分光線束に対して逆平行に、第１

の測定目盛３１の方向に戻るように伝播するよう回折される。上で言及したように、この落射光システムでは第３のぶつかられる測定目盛は第１の測定目盛３１と同一である。そこでは、この場合は第１の衝突点Ｐ１と同一である衝突点Ｐ３．１において、部分光線束の再統合が結果として生じる。その後、結果として生じた干渉する部分光線束の少なくとも１つのペアをもつ信号光線束ＳＢが、走査ユニット５０内に配置された検出ユニットの方向に戻るように伝播する。

【００３３】

図３ａおよび図３ｂでは、ｘｙ平面内で移動可能な物体の位置を決定するために用いられる４つの本発明に従って形成された図２ａ、図２ｂに基づく位置測定機構を含む構成が非常に概略的に示されている。移動可能な物体は、例えば半導体製作機構または半導体検査機構のテーブル１１０であってもよく、テーブル１１０は、機械枠１２０の形態での静止状態の物体に対して相対的に位置決めされ、機械枠１２０には器具１６０が配置されている。テーブル１１０上にはウェハ１１１があり、ウェハ１１１は、例えば露光対物レンズとして形成された器具１６０によって加工され、または顕微鏡として形成された器具１６０によって検査される。この構成では、４つの本発明に基づいて形成された位置測定機構により、測定方向ｘ、ｙに沿ったテーブル１１０の並進およびこれに対して垂直なｚ方向を中心としたテーブル１１０の回転移動が、測定技術によって捕捉され得る。

【００３４】

テーブル１１０には、向かい合う２つの側にそれぞれ、反射性の第１の測定目盛１１３１．１、１１３１．２をもつ第１のスケール１３０．１、１３０．２が配置されており、このスケール１３０．１、１３０．２は、そのそれぞれの長手延在方向R_{L1}を中心として約４５°傾斜している。これに関し、両方の第１のスケール１３０．１、１３０．２の傾斜は、そこから回折される部分光線束の、ｚ方向に対して対称的な偏向が結果として生じるように行われる。

【００３５】

さらに、第１のスケール１３０．１、１３０．２または第１の測定目盛１１３１．１、１１３１．２のｚ方向に沿った配置に関しては、４つの本発明による位置測定機構の異なる走査の第１の衝突点がテーブル１１０上にあるウェハ１１１の高さになるように、第１のスケール１３０．１、１３０．２または第１の測定目盛１１３１．１、１１３１．２をテーブル１１０に配置するよう注意しなければならない。こうすることで、ウェハ１１１に関する位置測定が、結果としてアッベ誤差が生じることなく可能である。

【００３６】

これに対し、機械枠１２０の形態での静止状態の物体には、それぞれ２つの反射性の第２の測定目盛を有する２つの第２のスケール１４０．１、１４０．２と、４つの本発明による位置測定機構の４つの走査ユニット１５０．１～１５０．４とが配置されている。

【００３７】

両方の第２のスケール１４０．１、１４０．２上ではそれぞれ２つの平行なトラック内に配置された反射性の第２の測定目盛が、それぞれ直線格子として形成されており、これらの直線格子は、それぞれの長手延在方向R_{L2}に沿って規則的に配置された目盛領域を有する。これに関し、直線格子の格子平面は、ｘｙ平面内でのテーブルの水平移動平面に対して平行に配置されている。静止状態の物体または機械枠１２０には、概略的に示唆した器具１６０も結合されている。

【００３８】

両方の第２のスケール１４０．１の一方の平面図が、その上で２つの平行なトラックに配置された、直線格子１４１．１として形成されている第２の測定目盛１１４１．１、１１４１．２によって図４に示されている。図４から明らかであるように、両方のトラック内では、第２のスケールの長手延在方向R_{L2}に沿ってそれぞれ測定目盛領域１１４１．１ａ、１１４１．１ｂまたは１１４１．２ａ、１１４１．２ｂが規則的に配置されており、この例では、第２のスケールの長手延在方向R_{L2}は測定方向ｙと一致する。さらに図４から明らかであるように、目盛領域１１４１．１ａ、１１４１．１ｂまたは１１４１．

２ａ、１１４１．２は、両方のトラック内で、互いに対してＶ字形に配置されており、つまり、両方のトラックからの向かい合う目盛領域１１４１．１ａ、１１４１．２ａまたは１１４１．１ｂ、１１４１．２ｂは、それぞれ長手延在方向R_{L2}に対して角度＋αまたは－αをとる。第２の測定目盛１１４１．１、１１４１．２の測定目盛領域１１４１．１ａ、１１４１．１ｂまたは１１４１．２ａ、１１４１．２ｂは、異なる位相偏移を有し、つまり両方の第２の測定目盛１１４１．１、１１４１．２は反射型位相格子として形成されている。

【００３９】

４つの本発明による位置測定機構は、図示した構成では、それぞれｘｙ平面における感度ベクトルＥ１～Ｅ４を有し、この感度ベクトルＥ１～Ｅ４は、図３ａで相応の矢印によって示唆されている。この感度ベクトルはそれぞれ、進んだ長さ単位当たりで、それぞれの測定方向ｘ、ｙの位置信号が最も速く上昇する移動方向を提示している。走査ユニットごとに、両方の得られた規則的な走査信号を計算処理することで、所望の測定方向ｘ、ｙでの実際の移動が取得され得る。光学式位置測定機構における感度ベクトルのコンセプトに関しては、補足として例えば文献ＥＰ２８５７９０１Ａ１を参照されたい。

【００４０】

これに関し、第１の位置測定機構は、示した構成では、第１の走査ユニット１５０．１と、テーブル１１０の左側の第１の測定目盛１１３１．１をもつ第１のスケール１３０．１と、テーブル左側で第２の測定目盛１１４１．１をもつ第２のスケール１４０．１とによって構成され、帰属の感度ベクトルは図３ａではＥ１で表されている。第２の位置測定機構は、第２の走査ユニット１５０．２と、テーブル１１０の左側の第１の測定目盛１１３１．１をもつ第１のスケール１３０．１と、第２の測定目盛１１４１．２をもつ第２のスケール１４０．１とを含み、帰属の感度ベクトルはＥ２で表される。よって第１および第２の位置測定機構は、第１のスケール１３０．１上の同じ第１の測定目盛１１３１．１を利用する。

【００４１】

第３の位置測定機構は、第３の走査ユニット１５０．３と、テーブル１１０の右側の第１の測定目盛１１３１．２を有する第１のスケール１３０．２と、第２の測定目盛１１４１．３を有する第２のスケール１４０．２とによって構成され、帰属の感度ベクトルは、この図ではＥ３で示されている。第４の位置測定機構は、第４の走査ユニット１５０．４と、テーブル１１０の右側の第１の測定目盛１１３１．２をもつ第１のスケール１３０．２と、さらなる第２の測定目盛１１４１．４をもつ第２のスケール１４０．２とを含み、帰属の感度ベクトルはＥ４で表される。これに従い、第３および第４の位置測定機構は、第１のスケール１３０．２上の同じ第１の測定目盛１１３１．２を利用する。

【００４２】

図３ａによれば、第１と第２の位置測定機構の感度ベクトルＥ１、Ｅ２も、第３と第４の位置測定機構の感度ベクトルＥ３、Ｅ４も、互いに対して直交に方向づけられている。４つの位置測定機構の感度ベクトルＥ１～Ｅ４は、ｘｙ平面内でそれぞれ測定方向ｘ、ｙに対して４５°の角度をとる。

【００４３】

個々の位置測定機構において望ましくない測定誤差を回避するために重要なことは、既に上で示唆したように、相応の本発明による光学式位置測定機構内のそれぞれの第１の測定目盛の形成である。同様に既に言及したように、図２ａ、図２ｂまたは図３ａ、図３ｂの例示的実施形態における第１の測定目盛３１、１３１．１はそれぞれ、特定のフィルタ特性を有する反射型位相格子の形態での反射性の十字格子として実施されている。

【００４４】

第１の測定目盛のための適切な十字格子の第１の変形例１３１．１が、部分的に、図５ａの平面図および図５ｂの部分断面図に示されている。最初に図５ａの平面図に基づいて、基礎になっている格子設計が解説されており、それから部分断面図によって第１の十字格子変形例の可能な格子構造が説明される。その後、図５ｃ～図５ｅの部分断面図に基づ

いて、第１の十字格子変形例の格子構造のさらなる変形形態が解説される。

【００４５】

図５ａから明らかであるように、第１の測定目盛として利用される十字格子１３１．１は、市松模様形に配置された異なる光学特性をもつ第１および第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$を有する。第１および第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$は、十字格子１３１．１の長手延在方向R_{L1}に沿って第１の領域周期性P_{B1}で規則的に、および十字格子１３１．１の長手延在方向R_{L1}に対して直交に方向づけられている横延在方向R_{Q1}に沿って第２の領域周期性P_{B2}で規則的に配置されている。これに関し、図では明るく示した第１の測定目盛領域$M1_1$は、反射する光線束に対し、ハッチングされた第２の測定目盛領域$M1_2$とは異なる移相作用を及ぼし、つまり測定目盛領域$M1_1$または$M1_2$は、異なる位相偏移Δ１またはΔ２を有する。よって十字格子１３１．１の第１および第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$の異なる光学特性として、ここでは異なる移相作用が企図されている。

【００４６】

十字格子１３１．１の第１および第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$には、この変形例では、２次元の規則的なライン格子が重なっている。相応のライン格子もまた、各々の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$内で、それぞれ真っすぐな格子線$L1_1$、$L1_2$または$L2_1$、$L2_2$の第１および第２のペアを含むライン格子領域を有する。これに関し、真っすぐな格子線$L1_1$、$L1_2$の第１のペアは、広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$の全長にわたって延在し、長手延在方向R_{L1}に対して平行に、格子線$L1_1$、$L1_2$の間に互いに対して第１の間隔d_1をあけて配置されている。真っすぐな格子線$L2_1$、$L2_2$の第２のペアも、広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$の全長にわたって延在し、横延在方向R_{Q1}に対して平行に、格子線$L2_1$、$L2_2$の間に互いに対して第２の間隔d_2をあけて配置されている。したがって、第１の格子線ペア$L1_1$、$L1_2$は第２の格子線ペア$L2_1$、$L2_2$に対して直交に配置されている。ライン格子領域は、長手延在方向R_{L1}および横延在方向R_{Q1}に沿って、それぞれ、十字格子１３１．１の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$と同一の周期性P_{B1}、P_{B2}を有する。したがってこのような十字格子形成形態では、個々の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$内に、長手延在方向R_{L1}および横延在方向R_{Q1}に沿ってそれぞれ少なくとも３つの、互いから格子線$L1_1$、$L1_2$または$L2_1$、$L2_2$によって分離された領域が存在する。

【００４７】

第１の測定目盛として機能する十字格子１３１．１の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$に重なったライン格子は、邪魔な比較的高次の回折次数の望ましい抑制のために重要な、いわゆる上部構造である。これに関し、なかでも下記の邪魔な回折次数（ｍｘ，ｍｙ）が抑制される：（＋／－２，＋／－１）、（＋／－１，＋２）、（＋／－３，０）、（０，＋／－３）。これに対し、市松模様状に配置された広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$だけからなる十字格子内では、もっと多くの比較的高次の回折次数が結果として生じ、これらの比較的高次の回折次数が位置決定において誤差を引き起こす。

【００４８】

図５ａの例示的実施形態では、第１の測定目盛として利用される十字格子１３１．１がバイナリ格子として形成されている。これは、十字格子１３１．１が２つだけの異なる光学特性をもつ異なる領域を有することを意味し、これは、解説している例では、十字格子１３１．１内の、それによって反射される光線束に対する異なる移相作用をもつハッチングされた領域および明るい領域である。このようなバイナリ格子は、１つだけのリソグラフィプロセスによって製造でき、したがって製造が比較的安価で簡単である。

【００４９】

図から明らかであるように、ライン格子の格子線$L1_1$、$L1_2$、$L2_1$、$L2_2$はそれぞれ、第１および第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$の光学特性に対して別のまたは相補的な光学特性を有する。つまり、格子線$L1_1$、$L1_2$、$L2_1$、$L2_2$は、位相偏移Δ１をもつ明るく示された広範囲な第１の測定目盛領域$M1_1$においては例えば

相補的な位相偏移Δ２を有し、位相偏移Δ２をもつハッチングされた広範囲な第２の測定目盛領域$M1_2$においては相補的な位相偏移Δ１を有する。

【００５０】

例えば図５ａからのフィルタリングする十字格子１３１．１の代替的な変形例では、重ねられる規則的なライン格子が、２次元ではなく１次元で形成されていることが企図されている場合もある。これは例えば、第１の延在方向、例えば長手延在方向R_{L1}に沿って配置された格子線$L2_1$および$L2_2$を有するライン格子だけが設けられていることを意味する。この場合、個々の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$内に、第１の延在方向に沿ってのみ、それぞれ少なくとも３つの互いから格子線$L2_1$、$L2_2$によって分離された領域が存在する。このような変形例では、図５ａでは設けられた、第２の延在方向、つまり横延在方向R_{Q1}に沿った格子線$L1_1$および$L1_2$はなくなる。第１および第２の延在方向は、互いに対して垂直に方向づけられており、この例では長手延在方向R_{L1}および横延在方向R_{Q1}に相当する。その代わりに、第２の延在方向に沿って、つまり横延在方向R_{Q1}に沿ってのみ、１次元のライン格子を配置することも基本的には可能である。

【００５１】

図５ｂでは、図５ａからのフィルタリングする十字格子１３１．１が部分断面図で示されており、以下では図５ｂに基づいてこの例の層構造が解説される。この図では、およびこれ以降の図でも、それぞれ２つの隣接する第１および第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$をもつ第１の領域周期P_{B1}内の断面図が示されている。この十字格子１３１．１は、全面的につながっている反射層１３１．１ａを有し、この反射層１３１．１ａは、十字格子面全体にわたって広がっており、例えばアルミニウム（Ａｌ）またはクロム（Ｃｒ）からなる。その上には誘電層１３１．１ｂが同様に全面的につながって配置されており、誘電層１３１．１ｂには例えば二酸化ケイ素（SiO_2）が考慮される。誘電層１３１．１ｂの上には構造化層１３１．１ｃが配置されており、構造化層１３１．１ｃは、ハッチングされた領域内で適切な反射材料を有する。反射材料としては、例えば高屈折の誘電材料、ケイ素（Ｓｉ）、ゲルマニウム（Ｇｅ）のような半導体材料または金（Ａｕ）、銀（Ａｇ）、もしくはアルミニウム（Ａｌ）のような金属が使用され得る。

【００５２】

フィルタリングする十字格子２３１．１のための、ここでもバイナリ格子として形成された変形された層構造が、図５ｃに部分断面図で示されている。ここでは、例えば石英ガラスまたはゼロデュアからなる基板２３１．１ａのすぐ上に構造化層２３１．１ｂが配置されており、構造化層２３１．１ｂは、ハッチングされた領域内で適切な反射材料を有する。反射材料としてはここでも、高屈折の誘電材料、ケイ素（Ｓｉ）、ゲルマニウム（Ｇｅ）のような半導体材料または金（Ａｕ）、銀（Ａｇ）、もしくはアルミニウム（Ａｌ）のような金属が使用され得る。

【００５３】

フィルタリングする十字格子３３１．１のためのさらなる一変形形態が、図５ｄに部分断面図で示されている。例えば、石英ガラスまたはゼロデュアからなる基板３３１．１ａの上に、つながっている金属の反射層３３１．１ｂが全面的に配置されており、反射層３３１．１ｂは、十字格子面全体にわたって広がっている。反射層３３１．１ｂは、例えばアルミニウム（Ａｌ）または金（Ａｕ）からなり得る。その上に、同様に全面的につながって、例えば二酸化ケイ素（SiO_2）からなる誘電層３３１．１ｃが設けられている。その上には構造化層３３１．１ｄが配置されており、構造化層３３１．１ｄの場合、ハッチングされた領域内で、ここでも適切な反射材料、例えば金（Ａｕ）、ケイ素（Ｓｉ）、五酸化タンタル（TaO_5）、または窒化ケイ素（Si_3N_4）が配置されている。

【００５４】

適切なフィルタリングする十字格子４３１．１のためのさらに変形された層構造が、図５ｅに部分断面図で示されている。図５ｄからの例とは異なり、ここでは基板４３１．１ａの上に設けられる反射層の代わりに、全広範囲な誘電性ミラー層４３１．１ｂが設けら

れており、誘電性ミラー層４３１．１ｂは、複数の誘電性の単一層による積層からなり、この単一層に関しては、例えば、高屈折材料、例えば二酸化チタン（TiO_2）、五酸化タンタル（Ta_2O_5）および低屈折材料、例えば二酸化ケイ素（SiO_2）を設けられていてもよく、これらが交互に配置される。その上には、前の例でのように誘電層４３１．１ｃおよび構造化層４３１．１ｄが配置されている。誘電層４３１．１ｃのための材料として例えば二酸化ケイ素（SiO_2）が考慮され、構造化層には二酸化チタン（TiO_2）、ケイ素、または五酸化タンタル（Ta_2O_5）が使用され得る。

【００５５】

第１の測定目盛のための適切な十字格子の第２の変形例５３１．１が、図６ａに平面図で、および図６ｂに部分断面図で示されている。ここでも、図６ａの平面図に基づいて最初に基本的な格子設計が解説されており、それから図６ｂの部分断面図によって格子構造が説明される。これに関し以下では実質的に、図５ａからの第１の十字格子変形例に対する重要な違いだけが解説される。

【００５６】

基本的には、第１の測定目盛として利用可能なフィルタリングする十字格子５３１．１のこの変形例もまた、市松模様状に配置された２つの異なる光学特性をもつ第１および第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$を有し、この広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$にも、図５ａの例でのように、格子線$L1_1$、$L1_2$、$L2_1$、$L2_2$を有する２次元のライン格子が重なっている。ただしこの十字格子５３１．１では、第１と第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$の間にさらに追加的な間隔領域$M1_3$が設けられており、間隔領域$M1_3$は、第１および第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$の光学特性とは反射性および／または位相偏移が異なる第３の光学特性を保持する。よって第１および第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$が、位相偏移Δ１、Δ２をもつ異なる移相作用を保持する場合、間隔領域$M1_3$は、位相偏移Δ１、Δ２とは異なる位相偏移Δ３を有し、さらに間隔領域$M1_3$は、吸収性に形成されており、つまり反射性Ｒ＝０を保持することを企図していてもよい。図６ａから明らかであるように、第１と第２の広範囲な測定目盛領域$M1_1$、$M1_2$の間の間隔領域$M1_3$は、長手延在方向R_{L1}および横延在方向R_{Q1}に沿ってそれぞれ同一の幅P_{A1}、P_{A2}を有する。

【００５７】

図６ｂでは、図６ａからのフィルタリングする十字格子５３１．１が、前の例に倣って部分断面図で示されており、この部分断面図に基づいて層構造が以下に解説される。例えばゼロデュアから成る基板５３１．１ａの上に、例えばクロム（Ｃｒ）、アルミニウム（Ａｌ）、または金（Ａｕ）からなる構造化された反射層５３１．１ｂが配置されている。基板５３１．１ａ上で反射層５３１．１ｂに覆われた領域の上には、第２の広範囲な測定目盛領域$M1_2$内に、さらに誘電層５３１．１ｃが設けられており、このための材料としては、例えば二酸化ケイ素（SiO_2）、五酸化タンタル（Ta_2O_5）、または二酸化チタン（TiO_2）が考慮される。

【００５８】

よって図６ａおよび図６ｂに示した十字格子変形例は、バイナリ格子としてではなく、いわゆる混合型の振幅／位相格子として形成されている。この格子は、必要なリソグラフィステップの数に関し、第１の前述の十字格子変形例に対して少し多くの製作技術的コストを必要とする。しかしながら、望ましくない比較的高次の回折次数を特に効率的に抑制する可能性を提供する。

【００５９】

第１の測定目盛のための適切なフィルタリングする十字格子の第３の変形例６３１．１が、図７ａに平面図で、および図７ｂに部分断面図で示されている。以下では、最初に図７ａの平面図に基づいて基本的な格子設計が解説され、図７ｂに基づいて格子構造が解説される。

【００６０】

十字格子のこの変形例６３１．１もまた、市松模様状に配置された２つの異なる光学特

性をもつ第１および第２の広範囲な測定目盛領域Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$を含む。この第１および第２の広範囲な測定目盛領域Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$にも、図５ａの例でのように、格子線Ｌ１$_1$、Ｌ１$_2$、Ｌ２$_1$、Ｌ２$_2$を有する２次元のライン格子が重なっている。この十字格子では前の例に倣って第１と第２の広範囲な測定目盛領域Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$の間に、さらに追加的な間隔領域Ｍ１$_3$が設けられており、間隔領域Ｍ１$_3$は、第１および第２の広範囲な測定目盛領域Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$の光学特性とは異なる第３の光学特性を保持する。ただしこの第１と第２の広範囲な測定目盛領域Ｍ１$_1$、Ｍ１$_2$の間の間隔領域Ｍ１$_3$は、図６ａ、図６ｂからの十字格子変形例とは異なり、構造化されて形成されている。図７ａから明らかであるように、そこでは例えば、長手および横延在方向Ｒ$_{L1}$、Ｒ$_{Q1}$に沿って規則的に配置された異なる光学特性をもつ正方形の格子領域からなる十字格子サブ構造が設けられている。

【００６１】

図７ａに基づく十字格子サブ構造の代わりに、間隔領域Ｍ１$_3$内で他の構造化変形例が設けられていてもよい。つまりそこに、間隔領域Ｍ１$_3$内で反射性Ｒ＝０を有する非常に小さな格子周期でのいわゆる高周波格子を形成することも可能であろう。同様にそこに、弱い０次の回折次数だけを有する回折格子が配置されてもよく、これによっても間隔領域Ｍ１$_3$内で反射性Ｒ＝０が結果として生じる。

【００６２】

図７ｂは、図７ａからのフィルタリングする十字格子６３１．１を、前の例に倣って部分断面図で示し、以下にこの部分断面図に基づいて、この変形例の可能な層構造が解説される。例えばゼロデュアまたは石英ガラスからなる基板６３１．１ａの上に、全広範囲な反射層６３１．１ｂが配置されており、反射層６３１．１ｂは、クロム（Ｃｒ）、アルミニウム（Ａｌ）、または金（Ａｕ）からなり得る。その上には、例えば二酸化ケイ素（ＳｉO_2）からなる全広範囲な誘電層６３１．１ｃが設けられている。誘電層６３１．１ｃの上には構造化層６３１．１ｄが配置されており、これには二酸化チタン（ＴｉO_2）、ケイ素、窒化ケイ素（Ｓｉ$_3$Ｎ$_4$）、クロム（Ｃｒ）、またはアルミニウム（Ａｌ）が使用され得る。

【００６３】

本発明による光学式位置測定機構の代替的な形成形態に関しては、もちろん解説した例示的実施形態だけでなくまださらなる可能性が存在する。

つまり、第１の測定目盛を、解説した例でのように反射型格子としてではなく、振幅格子の形態での透過型格子として実施することも可能である。この場合、このような透過型振幅格子では、様々な格子領域は、通り抜ける光線束のための異なる透過特性を有する。

【００６４】

さらに、第１の測定目盛だけが、上で解説した邪魔な比較的高次の回折次数に対するフィルタ特性を有し得るわけではない。その代わりにまたはそれに加えて、第２の測定目盛も、フィルタ格子として、とりわけフィルタリングする十字格子として形成されることも可能である。

【００６５】

本発明による位置測定機構のさらなる例示的実施形態では、第２の測定目盛をもつ第２のスケールも、その長手延在方向を中心として傾斜して配置され得る。

最後に、本発明による位置測定機構内で使用される測定目盛の少なくとも１つが、いわゆる偏光格子として形成されていることも可能である。このような偏光格子では、結果として生じる回折次数がそれぞれ規定の偏光を保持し、つまり、例えば結果として生じる＋／－１次の回折次数が互いに対して直交に偏光され得るなどである。このような偏光格子に関しては、例えばＥＰ３７３９３００Ａ１を参照されたい。

【符号の説明】

【００６６】

１１０　テーブル

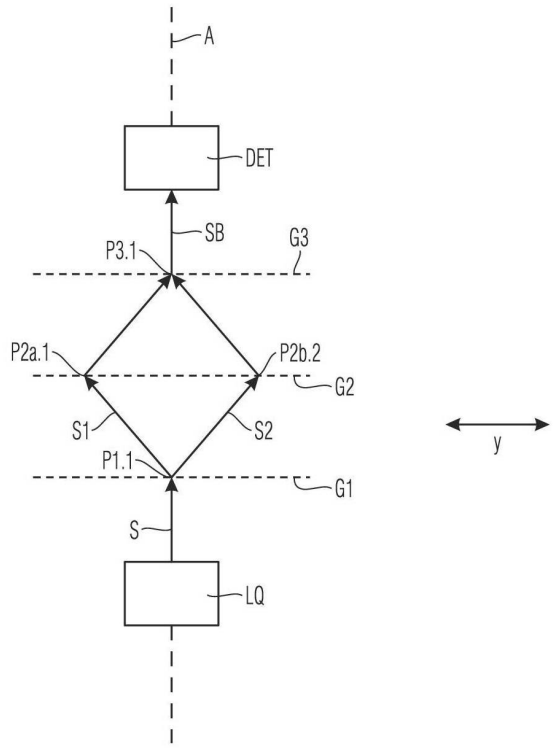
３０、４０；１３０．１、１３０．２、１４０．１、１４０．２　スケール

Ｇ１、Ｇ２、Ｇ３；３１、４１；１１３１．１、１１３１．２、１１４１．１、１１４１．２、１１４１．３、１１４１．４　測定目盛
１１４１．１ａ、１１４１．１ｂ、１１４１．２ａ、１１４１．２ｂ　測定目盛領域
１３１．１；２３１．１、３３１．１；４３１．１；５３１．１；６３１．１　十字格子
１５０．１～１５０．４　走査ユニット
d_1、d_2　第１および第２の間隔
$L1_1$、$L1_2$；$L2_1$、$L2_2$　格子線
$M1_1$、$M1_2$　第１および第２の広範囲な測定目盛領域
$M1_3$　間隔領域
P_{A1}、P_{A2}　幅
P_{B1}　第１の領域周期性
P_{B2}　第２の領域周期性
R_{L1}　長手延在方向
R_{Q1}　横延在方向
ｘ、ｙ　測定方向
ｚ　方向

【図面】

【図１】

FIG. 1



【図２】

FIG. 2a

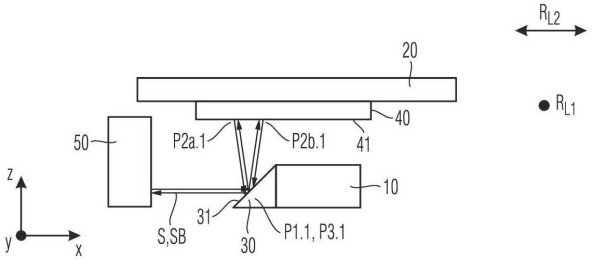
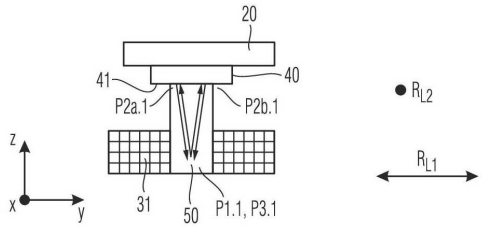
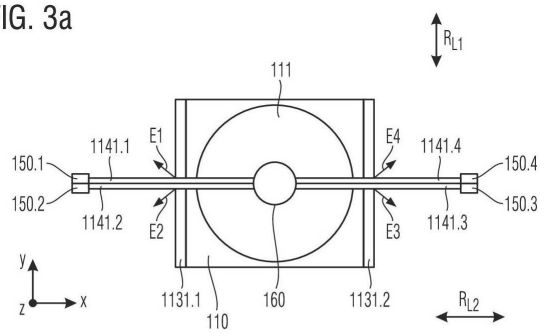


FIG. 2b



【図３】

FIG. 3a



【図４】

FIG. 4

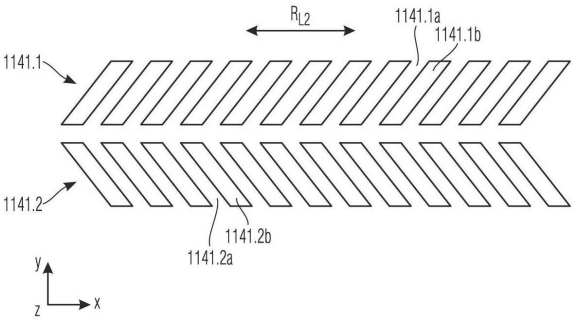
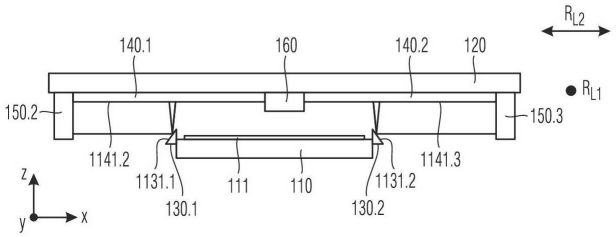
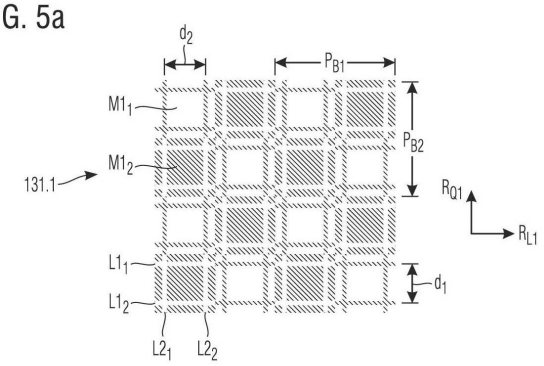


FIG. 3b



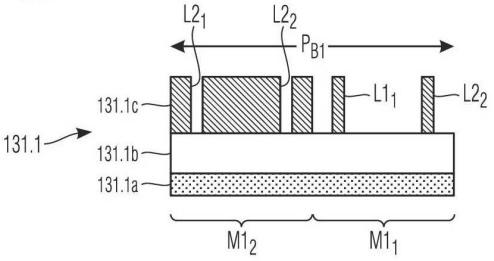
【図５ａ】

FIG. 5a



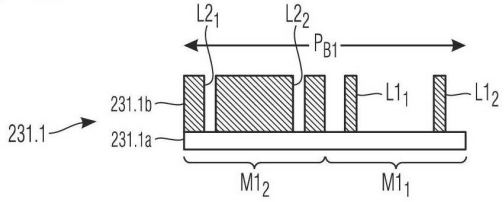
【図５ｂ】

FIG. 5b



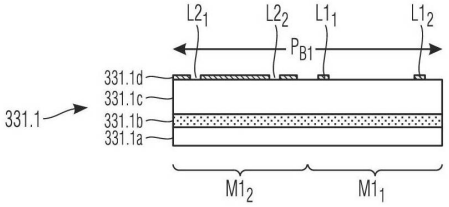
【図５ｃ】

FIG. 5c



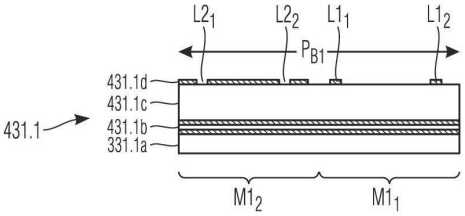
【図５ｄ】

FIG. 5d



【図５ｅ】

FIG. 5e



【図６】

FIG. 6a

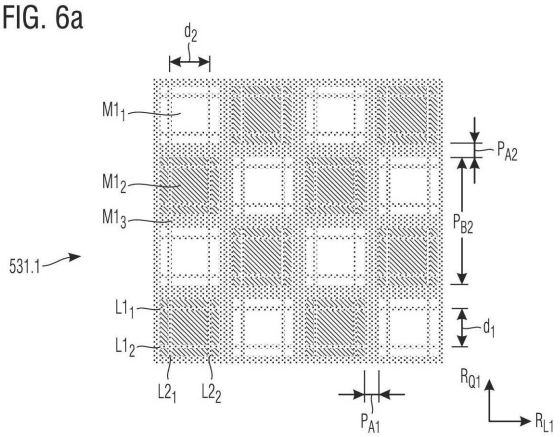
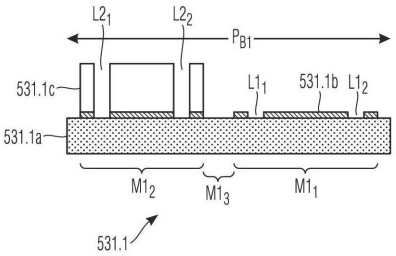


FIG. 6b



【図７】

FIG. 7a

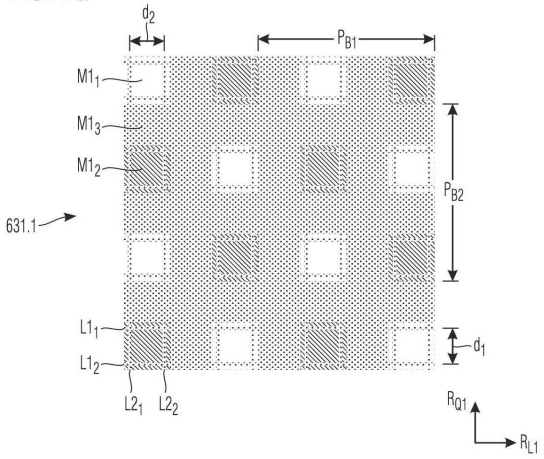
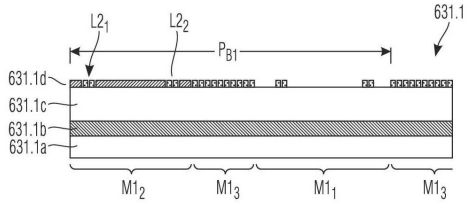


FIG. 7b



【外国語明細書】

2023061894000013.pdf

フロントページの続き

(74)代理人　100196508
弁理士　松尾 淳一
(72)発明者　トーマス・ケルベラー
ドイツ国 ８６５２９ シュロベンハウゼン，アン・デア・ヴァイラッハ １４

Ｆターム（参考）　2F103　BA10 CA04 DA12 EA03 EB01 EB11 EC16