

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5713961号
(P5713961)

(45) 発行日 平成27年5月7日 (2015.5.7)

(24) 登録日 平成27年3月20日 (2015.3.20)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 O 2 D
G O 1 D 5/38 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 O 7 H
G O 1 D 5/347 (2006.01)	G O 1 D 5/38 A
G O 1 B 11/00 (2006.01)	G O 1 D 5/347 1 1 O D
B 2 9 C 39/10 (2006.01)	G O 1 B 11/00 G
請求項の数 27 (全 24 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2012-134845 (P2012-134845)	(73) 特許権者 000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日 平成24年6月14日 (2012.6.14)	(74) 代理人 100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65) 公開番号 特開2013-30757 (P2013-30757A)	(74) 代理人 100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43) 公開日 平成25年2月7日 (2013.2.7)	(72) 発明者 箕田 賢 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ ノン株式会社内
審査請求日 平成26年8月7日 (2014.8.7)	(72) 発明者 塩出 吉宏 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ ノン株式会社内
(31) 優先権主張番号 特願2011-137820 (P2011-137820)	
(32) 優先日 平成23年6月21日 (2011.6.21)	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	
早期審査対象出願	
最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 位置検出装置、インプリント装置及び位置検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一方向と、第一方向と異なる第二方向にそれぞれ周期をもつ第一回折格子と、該第一回折格子の第二方向の周期と異なる周期を第二方向にもつ第二回折格子と、を照明する照明光学系と、

前記第一回折格子と前記第二回折格子で回折された回折光を検出する検出光学系と、を備える検出装置であって、

前記照明光学系は、その瞳面において、第一極と、光軸に対して第一極とは反対側の第二極を形成するための開口絞りを有し、

前記照明光学系により前記第一極と前記第二極からの光を前記第一方向から斜入射させて前記第一回折格子及び前記第二回折格子を照明することによって前記第一回折格子及び前記第二回折格子の一方で回折され、さらに他方で回折された回折光を前記検出光学系が検出することを特徴とする検出装置。

【請求項 2】

前記第一回折格子の第一方向の周期を P_1 、前記検出光学系の開口数の大きさを NA_o 、前記瞳面における前記照明光学系の前記極の、光軸からの距離を NA_{i1} 、前記極の大きさを NA_p 、前記照明光学系から出射される光の波長を λ としたとき、

$|NA_{i1} - \lambda / P_1| < NA_o + NA_p / 2$ を満足することを特徴とする、請求項 1 に記載の検出装置。

【請求項 3】

前記第一方向と第二方向は互いに直交することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の検出装置。

【請求項 4】

前記検出装置は、該検出された回折光に基づいて前記第一回折格子と前記第二回折格子の第二方向の相対的な位置を求めることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 5】

前記第一極と前記第二極は前記光軸に対して対称であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 6】

前記第一極と前記第二極は前記第一方向における光強度分布のピークであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 7】

前記照明光学系はその瞳面において輪帯状の光強度分布を形成し、前記輪帯状の光強度分布は前記第一方向において前記第一極と前記第二極を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 8】

前記検出光学系は、前記第一回折格子と前記第二回折格子で回折された回折光により生じるモアレ縞を検出することを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 9】

前記照明光学系は、

第一物体に形成された前記第一回折格子と、第二物体に形成された前記第二回折格子と、を照明し、

前記第一物体に形成された、第一方向と第二方向にそれぞれ周期構造をもつ第三回折格子と、前記第二物体に形成された、前記第三回折格子の第一方向への周期と異なる周期の周期構造を第一方向にもつ第四回折格子とを照明し、

前記照明光学系はその瞳面において、前記第二方向に、複数の極を有する光を照明し、前記照明光学系により前記複数の極からの光を前記第二方向から斜入射させて前記第三回折格子及び前記第四回折格子を照明することによって前記第三回折格子と前記第四回折格子で回折された回折光を前記検出光学系が検出することを特徴とする、請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 10】

前記第三回折格子の第二方向の周期を P_2 、前記瞳面における前記検出光学系の開口数の大きさを NA_o 、前記瞳面における前記照明光学系の前記極の、光軸からの距離を NA_{il2} 、前記極の大きさを NA_{p2} 、前記照明光学系から出射される光の波長を λ としたとき、

$|NA_{il2} - \lambda / P_2| < NA_o + NA_{p2} / 2$ を満足することを特徴とする、請求項 9 に記載の検出装置。

【請求項 11】

前記第一回折格子と前記第三回折格子は、第一方向への周期と第二方向への周期のうち少なくともいずれか一方は、互いに等しいことを特徴とする、請求項 9 または 10 に記載の検出装置。

【請求項 12】

前記第一回折格子と前記第三回折格子は互いに等しい周期構造を有することを特徴とする、請求項 11 に記載の検出装置。

【請求項 13】

前記検出装置は、該検出された回折光に基づいて前記第一物体と前記第二物体の第一方向及び第二方向の相対的な位置を求めることを特徴とする請求項 9 乃至 12 の何れか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 14】

第二方向と、第二方向と第二方向に垂直な第一方向とは異なる第三方向にそれぞれ周期をもつ第五回折格子と、該第五回折格子の第二方向の周期と異なる周期を第二方向にもつ第二回折格子と、を照明し、

第三方向と、第一方向にそれぞれ周期をもつ第六回折格子と、該第六回折格子の第一方向の周期と異なる周期を第一方向にもつ第四回折格子と、を照明する照明光学系と、前記第五回折格子と前記第二回折格子で回折された回折光と、前記第六回折格子と前記第四回折格子で回折された回折光を検出する検出光学系と、を備える検出装置であって、

前記照明光学系は、その瞳面において、第一極と、光軸に対して前記第一極とは反対側の第二極を形成するための開口絞りを有し、

前記検出光学系は、

前記照明光学系により前記第一極と前記第二極からの光を前記第三方向から斜入射させて前記第五回折格子及び前記第二回折格子を照明することによって前記第五回折格子及び前記第二回折格子の一方で回折され、さらに他方で回折された回折光を検出し、

前記照明光学系により前記第一極と前記第二極からの光を前記第三方向から斜入射させて前記第六回折格子及び前記第四回折格子を照明することによって前記第六回折格子及び前記第四回折格子の一方で回折され、さらに他方で回折された回折光を検出することを特徴とする検出装置。

【請求項 15】

前記検出装置は、該検出された前記第五回折格子と前記第二回折格子で回折された回折光に基づいて前記第五回折格子と前記第二回折格子の第二方向の相対的な位置を求め、該検出された前記第六回折格子と前記第四回折格子で回折された回折光に基づいて前記第六回折格子と前記第四回折格子の第一方向の相対的な位置を求めることを特徴とする請求項 14 に記載の検出装置。

【請求項 16】

第一方向と、第一方向と異なる第二方向にそれぞれ周期をもつ第一回折格子と、前記第一回折格子の第二方向の周期と異なる周期を第二方向にもつ第二回折格子と、を照明し、前記第一方向と前記第二方向にそれぞれ周期構造をもつ第三回折格子と、前記第三回折格子の第一方向の周期と異なる周期を第一方向にもつ第四回折格子と、を照明する照明光学系と、

前記第一回折格子と前記第二回折格子で回折された回折光、及び、前記第三回折格子と前記第四回折格子で回折された回折光を検出する検出光学系と、を備える検出装置であって、

前記照明光学系は、その瞳面において、第一極と第三極を形成するための開口絞りを有し、

前記検出光学系は、

前記照明光学系により前記第一極からの光を前記第一方向から斜入射させて前記第一回折格子及び前記第二回折格子を照明することによって前記第一回折格子及び前記第二回折格子の一方で回折され、さらに他方で回折された回折光を検出し、

前記照明光学系により前記第三極からの光を前記第二方向から斜入射させて前記第三回折格子及び前記第四回折格子を照明することによって前記第三回折格子及び前記第四回折格子の一方で回折され、さらに他方で回折された回折光を検出する、ことを特徴とする検出装置。

【請求項 17】

前記照明光学系は、その瞳面において、前記第一極と、光軸に対して前記第一極とは反対側の第二極を形成することを特徴とする請求項 16 に記載の検出装置。

【請求項 18】

前記照明光学系は、その瞳面において、前記第三極と、光軸に対して前記第三極とは反対側の第四極を形成することを特徴とする請求項 16 又は 17 に記載の検出装置。

【請求項 19】

前記検出装置は、該検出された前記第一回折格子と前記第二回折格子で回折された回折光に基づいて前記第一回折格子と前記第二回折格子の第二方向の相対的な位置を求め、該検出された前記第三回折格子と前記第四回折格子で回折された回折光に基づいて前記第三回折格子と前記第四回折格子の第一方向の相対的な位置を求めることを特徴とする請求項 16 乃至 18 の何れか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 20】

前記照明光学系と前記検出光学系の光軸は一部が共通であることを特徴とする、請求項 1 乃至 19 のいずれか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 21】

前記検出光学系の開口数と前記照明光学系の瞳面光強度分布と前記照明光の波長のうち、少なくともいずれかが一つが可変であることを特徴とする、請求項 1 乃至 20 のいずれか 1 項に記載の検出装置。

【請求項 22】

前記第一物体に形成されている回折格子は、チェッカーボード状の回折格子であることを特徴とする、請求項 9 に記載の検出装置。

【請求項 23】

型に形成されたパターンを用いて、基板に供給されたインプリント材に前記パターンを転写するインプリント装置であって、

型と基板上に形成された回折格子で回折された回折光を検出する請求項 1 乃至 22 のいずれか 1 項に記載の検出装置を有することを特徴とするインプリント装置。

【請求項 24】

前記検出装置は、前記型と基板の一方に形成された前記第一回折格子と、前記型と基板の他方に形成された前記第二回折格子と、で回折された回折光を検出し、

検出された回折光に基づいて前記第二方向における前記型と基板の位置合わせを行うことを特徴とする請求項 1 乃至 13 の何れか 1 項を引用する請求項 23 に記載のインプリント装置。

【請求項 25】

前記検出装置は、前記型と基板の一方に形成された前記第五回折格子と、前記型と基板の他方に形成された前記第二回折格子と、で回折された回折光を検出し、

前記型と基板の一方に形成された前記第六回折格子と、前記型と基板の他方に形成された前記第四回折格子と、で回折された回折光を検出し、

検出された前記第五回折格子と前記第二回折格子で回折された回折光に基づいて前記第二方向における前記型と基板の位置合わせを行い、

検出された前記第六回折格子と前記第四回折格子で回折された回折光に基づいて前記第一方向における前記型と基板の位置合わせを行うことを特徴とする請求項 14 又は 15 を引用する請求項 23 に記載のインプリント装置。

【請求項 26】

前記検出装置は、前記型と基板の一方に形成された前記第一回折格子と、前記型と基板の他方に形成された前記第二回折格子と、で回折された回折光を検出し、

前記型と基板の一方に形成された前記第三回折格子と、前記型と基板の他方に形成された前記第四回折格子と、で回折された回折光を検出し、

検出された前記第一回折格子と前記第二回折格子で回折された回折光に基づいて前記第二方向における前記型と基板の位置合わせを行い、

検出された前記第三回折格子と前記第四回折格子で回折された回折光に基づいて前記第一方向における前記型と基板の位置合わせを行うことを特徴とする請求項 16 乃至 19 の何れか 1 項を引用する請求項 23 に記載のインプリント装置。

【請求項 27】

請求項 23 乃至 26 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置を用いて基板上にパター

10

20

30

40

50

ンを形成する工程と、

前記工程で前記パターンを形成された基板を加工する工程と、
を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、異なる2つの物体間の相対位置を検出する位置検出装置、インプリント装置及び位置検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

インプリント技術は、パターンが形成された型（モールド）を用いて基板の上に微細なパターンを形成する技術である。例えば、インプリント技術の1つとして、光硬化法がある。この光硬化法を用いたインプリント技術は、まず、基板（ウエハ）の上のインプリント領域であるショットにインプリント材としての樹脂（インプリント樹脂、光硬化性樹脂）を供給する。樹脂とモールドのパターンとを接触させ（押印）、接触させた状態で光を照射することによって樹脂を硬化させる。硬化した樹脂からモールドを引き離す（離型）ことにより、樹脂のパターンが基板の上に形成される。

【0003】

基板上の樹脂とモールドとの押印時には、基板とモールドとの正確な位置合わせを必要とする。インプリント装置における基板とモールドとの位置合わせには、モールドに形成されたマークとショット毎に基板に形成されたマークとを検出することによって位置合わせを行う、いわゆるダイバイダイ方式が知られている。

【0004】

特許文献1には、位置合わせに用いるマークを検出する位置合わせマーク検出機構を有するインプリント装置が記載されている。位置合わせに用いるマークとして、回折格子がモールドと基板にそれぞれ配置されている。モールド側の回折格子は計測方向に周期をもつ回折格子であり、基板側の回折格子は計測方向と計測方向に直交する方向（非計測方向）とにそれぞれ周期をもつチェッカーボード状の回折格子である。回折格子に照明を行う照明光学系と、回折格子からの回折光を検出する検出光学系は、いずれもモールドと基板に垂直な方向から非計測方向に傾いて配置されている。すなわち、照明光学系は回折格子に対して非計測方向から斜入射照明を行うように構成されている。回折格子に斜入射で入射した光は基板側に配置されたチェッカーボード状の回折格子によって非計測方向に回折され、検出光学系は非計測方向に関してゼロ次光以外の単一の回折光のみを検出するように配置されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第7292326号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

つまり、特許文献1の方法では、単一の回折光を検出しているのに過ぎない。そのため、回折格子からの回折光の光量が少なく、位置合わせに用いるマークを検出しにくい。そこで、本発明は位置合わせに用いるマークからの回折光の光量を多くしてマークを検出しやすくすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の検出装置は、第一方向と、第一方向と異なる第二方向にそれぞれ周期をもつ第一回折格子と、第1回折格子の第二方向の周期と異なる周期を第二方向にもつ第二回折格子と、を照明する照明光学系と、前記第一回折格子と前記第二回折格子で回折された回折

10

20

30

40

50

光を検出する検出光学系と、を備える検出装置であって、前記照明光学系は、その瞳面において、第一極と、光軸に対して第一極とは反対側の第二極を形成するための開口絞りを有し、前記照明光学系により前記第一極と前記第二極からの光を前記第一方向から斜入射させて前記第一回折格子及び前記第二回折格子を照明することによって前記第一回折格子及び前記第二回折格子の一方で回折され、さらに他方で回折された回折光を前記検出光学系が検出することを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、位置合わせに用いるマークからの回折光の光量を多くしてマークを検出しやすくなる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1実施形態のインプリント装置を示す図である。

【図2】本発明の第1実施形態の位置検出装置を示す図である。

【図3】本発明の第1実施形態の位置検出装置を示す図である。

【図4】本発明の第1実施形態の位置検出装置の照明瞳分布を示す図である。

【図5】モアレ縞を発生するアライメントマークを示す図である。

【図6】本発明の第1実施形態のX方向のアライメントマークを示す図である。

【図7】本発明の第1実施形態のアライメントマークの回折光を示す図である。

【図8】本発明の第1実施形態のY方向のアライメントマークを示す図である。

20

【図9】本発明の第1実施形態の位置検出装置がX方向とY方向のアライメントマークを検出する様子を示す図である。

【図10】本発明の第2実施形態の位置検出装置の照明瞳分布を示す図である。

【図11】本発明の第2実施形態のX方向のアライメントマークを示す図である。

【図12】本発明の第2実施形態のアライメントマークの回折光を示す図である。

【図13】本発明の第2実施形態のY方向のアライメントマークを示す図である。

【図14】本発明の第3実施形態のインプリント装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

30

【0011】

[第1実施形態]

図1を用いて、第1実施形態に係るインプリント装置について説明する。

【0012】

図1は第1実施形態のインプリント装置の構成を示す概略図である。このインプリント装置は、被処理体である基板に供給されたインプリント材（樹脂）を型（モールド）で成形し基板上にパターンを転写する装置である。例えば、半導体デバイスなどのデバイス製造に使用される。以下の図において、基板およびモールドに平行な面内に、互いに直交するX軸およびY軸をとり、X軸とY軸に垂直な方向にZ軸をとる。

【0013】

40

インプリント装置1は、照射部2と、検出部3、モールド保持部4、基板ステージ5、塗布機構6を備える。

【0014】

照射部2は、凹凸状のパターン7aが形成されたモールド7と基板8に供給された樹脂9とを接触させた状態で、樹脂9を硬化させるために、光を照射する照射装置である。照射部2は光源（不図示）を備えている。また、照射部2は光源から射出される光を被照射面となるパターン7aの領域に対して所定の形状で均一に照射するための複数の光学素子を備えていても良い。光の照射領域（照射範囲）は、パターン7aが形成されている領域の面積と同程度、または、わずかに大きいことが望ましい。これは、照射領域を必要最小限とすることで、照射に伴う熱に起因してモールド7または基板8が膨張し、樹脂9に転

50

写されるパターンに位置ズレや歪みが発生することを抑えるためである。加えて、基板 8 などで反射した光が塗布機構 6 に到達し、塗布機構 6 の吐出口に残留した樹脂を硬化させてしまうことで、後の塗布機構の動作に異常が発生することを抑えるためでもある。

【 0 0 1 5 】

光源としては、例えば、高圧水銀ランプ、各種エキシマランプ、エキシマレーザーまたは発光ダイオードなどを用いることができる。ここでは、樹脂 9 として紫外線で硬化する光硬化樹脂を用いているので、光源から紫外線が照射される。しかし、光源から照射される光は用いる樹脂に応じて適宜波長を決めることができる。また、本発明は、光源の種類、数、または波長などにより限定されるものではない。

【 0 0 1 6 】

検出部 3 (位置検出装置) はモールド 7 と基板 8 との相対的な位置合わせのためにマークの検出を行う。具体的にはモールド 7 に形成されたアライメントマーク 10 と基板 8 に形成されたアライメントマーク 11 を光学的に検出することで、両者の相対位置を計測することができる。検出部 3 の光軸はモールドまたは基板に対して鉛直方向になるように配置されている。また、検出部 3 はアライメントマーク 10、11 の位置に合わせて、X 方向および Y 方向に移動可能に配置されている。さらに検出部 3 は、アライメントマークの位置に光学系の焦点を合わせるために Z 方向に移動可能である。アライメントマークを検出し、計測したモールド 7 と基板 8 の相対位置情報に基づいて基板ステージ 5 や後述の倍率補正機構を制御する。

【 0 0 1 7 】

モールド保持部 4 (型保持部) は、真空吸着力や静電力によりモールド 7 を引きつけて保持するモールドチャック機構を含む。また、モールド保持部 4 は、基板 8 に供給された樹脂 9 にモールド 7 を押し付けるためのモールド駆動機構 (不図示) を含んでいる。モールド駆動機構はモールド 7 を Z 方向に動かすことができる。さらに、モールド保持部にはモールド 7 を X 方向および Y 方向に変形させてパターンの歪みを補正するモールド倍率補正機構 (不図示) を含む。

【 0 0 1 8 】

基板ステージ 5 は、真空吸着力や静電力により基板 8 を引きつけて保持する基板チャック機構を含む。基板ステージ 5 は、基板 8 を保持しながら X Y 平面内を移動可能とする基板保持部である。

【 0 0 1 9 】

なお、インプリント装置 1 における押印および離型の各動作は、モールド保持部 4 (モールド 7) を Z 方向に移動させることで実現してもよいが、基板ステージ 5 (基板 8) を Z 方向に移動させてもよい。またはモールド 7 と基板 8 の両方を移動させてもよい。

【 0 0 2 0 】

塗布機構 6 は、基板 8 に樹脂 9 を供給する供給装置である。塗布機構 6 は、樹脂 9 を供給するためのノズルを備えている。塗布機構 6 は、インプリント装置 1 の内部に備えていなくてもよく、インプリント装置 1 の外部でもよい。例えば、外部の塗布機構により予め樹脂が供給された基板 8 をインプリント装置 1 の内部に導入する構成もあり得る。この構成によれば、インプリント装置 1 の内部での塗布工程がなくなるため、インプリント装置 1 で行う処理の時間の迅速化が可能となる。また、塗布機構 6 が不要となることから、インプリント装置 1 全体としての製造コストを抑えることができる。

【 0 0 2 1 】

モールド保持部 4 は、凹凸状のパターン 7 a が形成されている面が基板 8 に対向するようにモールド 7 を保持している。モールド 7 は、基板 8 に対する面に所定の凹凸状のパターン 7 a が形成されている。所定のパターン (例えば、回路パターン等) が 3 次元状に形成された型である。モールド 7 を介して光を樹脂 9 に照射するため、モールド 7 は光を透過する材料で作られている。その材料としては、例えば石英などである。

【 0 0 2 2 】

基板 8 は、例えば、単結晶シリコンからなる半導体ウエハやガラス基板などの被処理体

10

20

30

40

50

である。基板 8 の表面（被処理面）には、樹脂 9（インプリント材）が供給される。

【0023】

樹脂 9 は、本実施形態では紫外線を受光することにより硬化する性質を有する光硬化性樹脂を用いる。樹脂 9 の材料は製造する半導体デバイスの種類により適宜選択される。

【0024】

次に、インプリント装置 1 によるインプリント処理について説明する。まず、不図示の基板搬送部により基板 8 を基板ステージ 5 に搬送し、基板 8 を基板ステージ 5 に載置する。基板ステージ 5 に保持された基板 8 は、その表面に塗布機構 6 を用いて樹脂 9 を塗布するために塗布位置へ移動する。その後、塗布機構 6 は塗布工程として基板 8 の所定のショット（インプリント領域）に樹脂 9 を供給する。次に、樹脂 9 が供給されたショットがモールド 7 の直下に位置するように、基板ステージ 5 が移動する。次に、モールド駆動機構を駆動させ、基板 8 に供給された樹脂 9 にモールド 7 に形成されたパターン 7 a を押し付ける（押印工程）。

【0025】

このとき、樹脂 9 は、モールド 7 の押印工程によりパターン 7 a に沿って流動する。より具体的には、パターン 7 a の凹部に樹脂 9 が充填される。さらにこの状態で、基板 8 およびモールド 7 に形成されたアライメントマーク 10 および 11 を検出部 3 によって検出する。基板ステージ 5 の移動によるモールド 7 のパターン面と基板 8 の塗布面との位置合わせ、および倍率補正機構によるモールド 7 の倍率補正などを実施する。樹脂 9 のパターン 7 a への充填と、モールド 7 と基板 8 との位置合わせおよびモールド 7 の倍率補正などが十分になされた段階で、照射部 2 はモールド 7 を介して光を照射し、モールド 7 を透過した光により樹脂 9 を硬化させる（硬化工程）。この際、検出部 3 は検出部 2 から照射された光の光路を遮らないように退避する。樹脂 9 を硬化させた後、モールド 7 と基板 8 を引き離す（離型工程）ことにより、基板 8 の上にモールド 7 のパターン 7 a が転写される。

【0026】

続いて、モールド 7 に形成されたアライメントマーク 10 と、基板 8 に形成されたアライメントマーク 11 を検出する方法について詳細を説明する。

【0027】

図 2 は本実施形態の検出部 3 の構成の一例を示す概略図である。検出部 3 は検出光学系 21 と照明光学系 22 を含む構成である。図 2 は検出光学系の光軸と照明光学系の光軸の一部が共通であることを示している。

【0028】

照明光学系 22 は光源 23 からの光を、プリズム 24 などの光学部材を用いて検出光学系 21 と同じ光軸上へ導き、アライメントマーク 10 および 11 を照明する。

【0029】

光源 23 には例えばハロゲンランプや LED などが用いられる。光源 23 から照射される光の波長は、前述の照射部 2 から照射される光の波長とは異なる光を用いるのがよい。例えば、照射部 2 から照射される光に紫外線を用いて、光源 23 から照射される光に可視光や赤外線を用いる。

【0030】

検出光学系 21 と照明光学系 22 はそれらを構成する光学部材の一部を共有するように構成されており、プリズム 24 は検出光学系 21 と照明光学系 22 の瞳面もしくはその近傍に配置されている。アライメントマーク 10 および 11 はそれぞれ回折格子から構成されている。照明光学系 22 によって照明されたアライメントマーク 10 からの回折光と、アライメントマーク 11 からの回折光により発生するパターン（モアレ縞）を検出光学系 21 は撮像素子 25 に結像する。撮像素子 25 は CCD や CMOS などが用いられる。

【0031】

プリズム 24 はその貼り合せ面において、照明光学系 22 の瞳面の周辺部分の光を反射するための反射膜 24 a を有する。反射膜 24 a は照明光学系 22 の瞳強度分布形状を規

10

20

30

40

50

定する開口絞りとして働く。また、反射膜 24 a は検出光学系 21 の瞳の大きさを規定する開口絞りとして働く。あるいは検出 NA (NA_o) を規定する。

【0032】

プリズム 24 は、貼り合せ面に半透膜を有するハーフプリズムや、あるいはプリズムに限らず表面に反射膜を成膜した板状の光学素子などであってもよい。さらに、照明光学系 22 あるいは検出光学系 21 の瞳形状を変化させるために、プリズム 24 は不図示のターレットやスライド機構の切り換え機構によって、他の開口形状を有するプリズムと交換可能にしてもよい。また、プリズム 24 が配置される位置は、必ずしも検出光学系 21 と照明光学系 22 の瞳面もしくはその近傍でなくともよい。

【0033】

さらに、瞳強度分布形状を規定する開口絞りはプリズム 24 に配置しなくても良い。例えば、図 3 に示すように、検出光学系 21 の瞳面に開口絞り 26 を配置し、照明光学系 22 の瞳面に開口絞り 27 を配置する。開口絞り 26 は検出光学系 21 の瞳の大きさを規定し、開口絞り 27 は照明光学系 22 の瞳強度分布を規定する。このとき、プリズム 24 にはその貼り合せ面に半透膜を有するハーフプリズム等が用いられる。さらに、開口絞り 26 および開口絞り 27 は、不図示のターレット等の切り換え機構によって、異なる開口形状を有する開口絞りに切り替え可能にしてもよい。

【0034】

図 4 は検出部 3 の照明瞳分布と検出 NA (NA_o) との関係を示したものである。図 4 では照明光学系の瞳面における瞳の大きさを開口数 NA で示している。本実施形態の照明光学系 22 の照明瞳分布は IL1 から IL4 の 4 つの光強度分布 (極) からなる。前述のように照明光学系 22 の瞳面に開口絞り 27 を配置することによって、1 つの光源 23 から複数の極を形成することができる。複数のピークを有する光強度分布のために、複数の光源を必要としないため、検出部 3 を簡略化あるいは小型化することができる。

【0035】

極 IL1 ~ IL4 はそれぞれ直径 NA_p の円形である。ここでは、X 軸と Y 軸の交点を光学系の光軸とし、検出光学系の光軸と照明光学系の光軸が共通である。

【0036】

極 IL1 と IL2 は瞳面の Y 軸上の光軸からそれぞれプラス方向とマイナス方向に NA_{il} (NA_{il1}) だけ離れた位置に配置されている。このように、極 IL1 と IL2 は光軸上を除き Y 軸方向に平行な軸上に、光軸に対して対称に配置することができる。また、極の大きさは NA_p (NA_{p1}) である。

【0037】

極 IL3 と IL4 は瞳面の X 軸上の光軸からそれぞれプラス方向とマイナス方向に NA_{il} (NA_{il2}) だけ離れた位置に配置されている。このように、極 IL3 と IL4 は光軸上を除き X 軸方向に平行な軸上に、光軸に対して対称に配置することができる。また、極の大きさは NA_p (NA_{p2}) である。

【0038】

すなわち、照明光学系 22 はアライメントマーク 10 および 11 に対して同時に斜入射照明を行うように照明瞳分布を形成している。アライメントマーク 10 および 11 への入射角度 θ は

$$= \sin^{-1} (NA_{il}) \quad \cdots \text{式 1}$$

である。また、NA_o、NA_p、NA_{il} は下記の式 2 を満足する。

$$NA_o < NA_{il} - NA_p / 2 \quad \cdots \text{式 2}$$

すなわちアライメントマーク 10 および 11 からの正反射光 (ゼロ次回折光) を検出しない、暗視野構成になっている。

【0039】

次に図 5 を用いて、アライメントマーク 10 および 11 からの回折光により生じるパターン (モアレ縞) の発生する原理とモアレ縞を用いた相対位置検出について説明する。

【0040】

10

20

30

40

50

モールドと基板に形成された回折格子の計測方向の周期は互いに僅かに異なっている。このような周期が互いに異なる回折格子同士を重ねると、2つの回折格子からの回折光同士の干渉により、回折格子間の周期差を反映した周期を有するパターン（いわゆるモアレ縞）が現れる。このとき、回折格子同士の相対位置によってモアレ縞の位相が変化するので、モアレ縞を観察することにより基板とモールドとの相対位置合わせを行うことができる。

【0041】

図5(a)と図5(b)に示すような周期が僅かに異なる回折格子31と回折格子32を重ねると、それぞれの回折格子からの回折光が重なり合うことで、周期の差を反映した周期をもつ図5(c)のようなパターン（モアレ縞）が発生する。モアレ縞は、2つの回折格子31と32の相対位置によって明暗の位置（縞の位相）が変化する。例えば、片方の回折格子をX方向に少しだけずらしてやると、図5(c)のモアレ縞は図5(d)のように変化する。このモアレ縞は、2つの回折格子が実際に変化した相対位置の大きさよりも、大きな周期で縞の位相が変化するため、検出光学系21の解像力が低くても、精度良く2物体間の相対位置を計測することができる。

【0042】

ここで、モアレ縞を検出するために図5(a)と図5(b)の回折格子を明視野で検出（垂直方向から照明し、垂直方向から回折光を検出）しようとする、回折格子からのゼロ次光も検出してしまふ。ゼロ次光はモアレ縞のコントラストを下げる要因になるので、本実施形態の検出部3では、前述のようにゼロ次光を検出しない暗視野の構成をとっている。そこで、斜入射で照明する暗視野の構成でもモアレ縞を検出できるように、モールドに形成された回折格子と基板に形成された回折格子のいずれか一方を、図6(a)に示すようなチェッカーボード状の回折格子にしている。モールド側と基板側のどちらの回折格子をチェッカーボード状の回折格子にしても、基本的に同一であるが、以下ではモールド側の回折格子をチェッカーボード状にした場合を例に説明する。

【0043】

このようなモアレ縞を利用して相対位置を検出する方法では、解像力が低い検出光学系を用いても、高い精度で位置合わせを行うことができるという利点がある。

【0044】

図6(a)と図6(b)はそれぞれモールドと基板のX方向に関する相対位置を検出するためのモールド側のアライメントマーク10（第一マーク）の回折格子10aと、基板側のアライメントマーク11（第二マーク）の回折格子11aを図示したものである。モールド側のアライメントマーク10はX方向（第二方向）とY方向（第一方向）にそれぞれ周期 P_m （ P_1 ）の周期構造を有するチェッカーボード状の回折格子10aである。また、基板側のアライメントマーク11はX方向に周期 P_m と異なる周期 P_w の周期構造をもつ回折格子11aである。

【0045】

この2つの回折格子10a（第一回折格子）および11a（第二回折格子）を重ねた状態で検出部3によってモアレ縞を検出する原理について、図7を用いて説明する。ここで、回折格子10aのX方向とY方向の周期は同一としているが、必ずしもその必要はなく、回折格子10aのX方向とY方向の周期は異なってもよい。ここでは簡便のために回折格子10aのX方向とY方向の周期は同一である場合について説明するが、X方向とY方向の周期が異なっても基本的な説明は同じである。

【0046】

図7(a)と図7(b)は回折格子10aと回折格子11aをそれぞれX軸に沿った方向とY軸に沿った方向から見た図である。X方向に関する相対位置を検出するためのモアレ縞は、図4に示した照明瞳面においてY軸に沿った方向に並んだ極IL1とIL2によって発生する。

【0047】

ここで、回折格子による回折角 θ は、回折格子の周期を d 、光の波長を λ 、回折次数を n

10

20

30

40

50

nとして、以下の式で表わされる。

$$\sin \theta = n / d \quad \cdots \text{式 3}$$

したがって、回折格子10aおよび11aによる回折角をそれぞれ θ_m 、 θ_w とすると、

$$\sin \theta_m = n / P_m \quad \cdots \text{式 4}$$

$$\sin \theta_w = n / P_w \quad \cdots \text{式 5}$$

となる。

【0048】

図7(a)を用いてY方向(非計測方向)に関する回折光について説明する。まず照明瞳面において非計測方向であるY軸に沿った方向に並んだ極IL1とIL2によって、回折格子10aおよび回折格子11aがY軸方向から同時に斜入射照明される。回折格子10aおよび回折格子11aで正反射した光(ゼロ次回折光)D1およびD1'は、検出部3が式2を満足するために、検出光学系21には入射しない。一方で、Y方向にPmの周期をもつモールド側の回折格子10aによって角度 θ_m だけ回折した光D2及びD2'は、検出光学系21によって検出される。本実施形態ではゼロ次光を除く回折光の中で回折強度が最も高い±1次回折光を検出するために、PmとNAo、NAil、NApは以下の条件を満足している。

$$|NA_{il} - |\sin \theta_m|| = |NA_{il} - \lambda / P_m| < NA_o + NA_p / 2 \quad \cdots \text{式 6}$$

言い換えると、式6を満足する範囲の波長 λ でY方向への回折光を検出することができる。

【0049】

ここで、もっとも効率良く1次回折光を検出できるのはD2がY軸に垂直になる場合なので、光源から出力される照明光の中心波長を λ_c とすると、

$$NA_{il} - \lambda_c / P_m = 0 \quad \cdots \text{式 7}$$

となるように照明条件とモールド側の回折格子の周期が調整されていることが望ましい。

【0050】

以上のように、Y方向に関してはモールド側の回折格子10aが斜入射照明され、回折格子10aによってY方向に回折し、検出光学系21により回折光が検出される。

【0051】

次に、X方向(計測方向)に関する回折光の説明を、図7(b)を用いて行う。

【0052】

照明瞳面のY軸に沿った方向に並んだ極IL1およびIL2は、X軸に垂直な方向から回折格子10aおよび11aに入射する。Y方向の場合と同様に+/-1次の回折光を考えると、モールド側の回折格子10aで+/-1次で回折し、基板側の回折格子11aで-/ +1次に回折した回折光D4は、PmとPwが近いためにX軸に対して小さな角度で検出光学系21に入射する。このときの回折角 ϕ は以下の式で表わされる。

【0053】

【数1】

$$\sin \phi \Delta = \lambda \times \frac{|P_w - P_m|}{P_m P_w} \quad \cdots \text{式 8}$$

【0054】

式8において $|P_w - P_m| / (P_m \cdot P_w) = 1 / P$ とすると

$$\sin \phi \Delta = \lambda / P \quad \cdots \text{式 9}$$

となる。これは回折光D4によって周期がPのパターンが現れることを意味する。このパターンがモアレ縞であり、その周期はモールド側の回折格子と基板側の回折格子の周期の差に依存する。ただし、本実施形態においてはモールド側の回折格子がチェッカーボード状であるため、発生するモアレ縞の周期はP/2となる。このとき、モールドと基板

の相対位置の変化はモアレ縞の明暗の位置ずれに拡大されるため、解像力が低い検出光学系を用いても、高い精度で位置合わせを行うことができる。

【 0 0 5 5 】

次に、モールド側の回折格子 1 0 a もしくは基板側の回折格子 1 1 a のいずれか一方で 1 回回折した光は、角度 m あるいは w で射出する（図 7 (b) の D 3 ）。D 3 はモアレ縞を発生させずにノイズとなるので、検出光学系 2 1 によって検出されないことが望ましい。そのため、本実施形態では下記の式 1 0 および式 1 1 を満足するように回折格子の周期と検出部 3 が調整されている。

$$NA_o + NA_p / 2 < | \sin m | = \lambda / P_m \quad \cdots \text{式 1 0}$$

$$NA_o + NA_p / 2 < | \sin w | = \lambda / P_w \quad \cdots \text{式 1 1}$$

10

また、モールド側の回折格子 1 0 a と基板側の回折格子のいずれでも X 軸方向に回折しなかった光（ゼロ次回折光、図 7 (b) D 5 ）はモールドで回折し、基板で正反射して検出光学系 2 1 に入射する。また、基板側の回折格子で回折せずに基板での反射の前後でモールド側の回折格子でそれぞれ X 軸方向に $+ / - n$ 次回折と $- / + n$ 次回折した（トータルでゼロ次の）回折光も検出光学系 2 1 に入射する。これらの光はモアレ縞を生成せずにモアレ縞のコントラストを低下する要因となるが、本実施形態においてはモールド側の回折格子 1 0 a がチェッカーボード状であるため、隣り合う格子からの回折光の位相がずれ、互いに打ち消し合う。したがって D 5 の強度は抑制され、コントラストよくモアレ縞を計測することができる。

【 0 0 5 6 】

20

以上、モールドと基板の X 方向に関する相対位置計測のためのモアレ縞の検出について説明したが、Y 方向に関する相対位置計測のためのモアレ縞の検出についても、アライメントマークと斜入射照明の方向を X 方向と Y 方向で入れ替えるだけで基本的に同じである。

【 0 0 5 7 】

図 8 (a) と図 8 (b) はそれぞれモールドと基板の Y 方向に関する相対位置を検出するためのモールド側のアライメントマーク 1 0 の回折格子 1 0 b と、基板側のアライメントマーク 1 1 の回折格子 1 1 b を図示したものである。モールド側のアライメントマーク 1 0 （第三マーク）は X 方向と Y 方向にそれぞれ周期 P_m (P_2) の周期構造を有するチェッカーボード状の回折格子 1 0 b （第三回折格子）である。また、基板側のアライメントマーク 1 1 （第四マーク）は Y 方向に周期 P_m と異なる周期 P_w の周期構造をもつ回折格子 1 1 b （第四回折格子）である。

30

【 0 0 5 8 】

Y 方向に関する相対位置を検出するためのモアレ縞は、回折格子 1 0 b と回折格子 1 1 b を照明光学系から照射した光で同時に照明することで発生する。すなわち、図 4 に示した照明瞳面において X 軸に沿った方向に並んだ極 I L 3 と I L 4 によってモアレ縞は発生する。

【 0 0 5 9 】

ここで、本実施形態においては図 4 に示した照明瞳面において Y 軸方向に平行な軸上に並んだ極 I L 1 と I L 2 によって、X 方向に関する相対位置計測のためのモアレ縞を発生させている。すなわち、照明瞳面において非計測方向に沿った方向に並んだ光強度分布でモアレ縞を発生させている。

40

【 0 0 6 0 】

その一方で、アライメントマーク 1 0 とアライメントマーク 1 1 の周期を調整すれば、図 4 に示した照明瞳面において X 軸に沿った方向に並んだ極 I L 3 と I L 4 によって、X 方向に関する相対位置計測のためのモアレ縞を発生させることも可能である。すなわち、照明瞳面において計測方向に沿って並んだ強度分布でモアレ縞を発生させることも可能である。

【 0 0 6 1 】

しかしその場合、I L 3 と I L 4 が回折格子 1 0 a によって計測方向に回折された + 1

50

次光と - 1 次光の回折格子 1 1 a への入射角度が大きく異なってしまうため、+ 1 次光と - 1 次光のいずれか一方しか検出できない。無理に検出しようとする、検出光学系の NA を非常に大きくする必要がある。

【0062】

これに対して、照明瞳面において非計測方向に沿った方向に並んだ極でモアレ縞を発生させる場合には、比較的小さな検出 NA を維持したまま、回折格子 1 0 a によって計測方向に回折された照明光の + 1 次光と - 1 次光のどちらも検出することができる。すなわち、2 倍の回折光を検出することができるため、2 倍の光量でモアレ縞を検出できるという利点がある。

【0063】

特許文献 1 の位置検出方法では、基板の上に形成された回折格子によって回折した光をモールドもしくはウエハに垂直ではない方向から検出している。そのため、1 つの検出部で複数方向に関する相対位置情報を取得することができない。基板とモールドとの位置合わせを行うためには、少なくとも 2 方向（例えば X 方向と Y 方向）に関する相対位置情報を取得する必要があるため、少なくとも 2 つの検出部が必要となる。さらには、モールドと基板のショット形状や倍率を補正するために、例えばショットの 4 か所で相対位置情報を取得しようとする、8 つの検出部が必要になってしまう。従って、多くの検出部が必要になるため、装置コストが増大するとともに、光学系の配置が複雑になり、さらには光学系を配置するスペースの確保が難しくなるという問題がある。

【0064】

そこで、図 9 のように回折格子 1 0 a と 1 1 a、回折格子 1 0 b と 1 1 b とをそれぞれ重ねたマークを、図 4 のような照明瞳分布と検出 NA (NA_0) を有する検出部 3 を用いてマークを検出する。図 9 のように、検出部 3 の視野 4 0 に X 方向のアライメントマークと Y 方向のアライメントマークを同時に入れることによって、X 方向と Y 方向に関する位置合わせのためのモアレ縞を同時に観察することができる。すなわち、本実施形態の位置検出システムでは、一つの検出部 3（検出光学系 2 1 と照明光学系 2 2）によって 2 方向の相対位置情報を同時に取得することができる。

【0065】

従来の検出部は 1 方向のマークに対して 1 つの検出部を必要としていたため、従来と比較して、検出部の数を減らせるため安価で簡易な相対位置検出システムを提供することができる。

【0066】

以上、回折格子 1 0 a と回折格子 1 0 b の周期がそれぞれ同じで、回折格子 1 1 a と回折格子 1 1 b の周期がそれぞれ同じ場合について説明したが、これに限られない。すなわち、回折格子 1 0 a と回折格子 1 0 b の周期はそれぞれ異なってもよく、また、回折格子 1 1 a と回折格子 1 1 b の周期はそれぞれ異なってもよい。また、検出部 3 の光軸から極 IL 1 および IL 2 までの距離と、光軸から極 IL 3 および IL 4 までの距離はそれぞれ異なってもよい。

【0067】

ただし、回折格子 1 0 a と回折格子 1 0 b がそれぞれ X 方向と Y 方向で互いに等しい周期の周期構造をもつ回折格子であると、モールドに形成されたアライメントマーク 1 0 を 1 種類にすることが出来る。つまり、アライメントマーク 1 0 を X 方向の位置合わせのための回折格子 1 0 a と Y 方向の位置合わせのための回折格子 1 0 b を共通のマークとすることができ、アライメントマークのデザインを簡略化することができる。

【0068】

さらに、このように回折格子 1 0 a と回折格子 1 0 b とを互いに等しい周期の周期構造をもつ回折格子とすることにより、回折格子 1 0 a と回折格子 1 0 b とを共通の一つの回折格子とすることができる。すなわち、回折格子 1 0 a と回折格子 1 0 b を、回折格子 1 1 a と回折格子 1 1 b との両方に同時に重なるために十分な面積をもつ一つの回折格子とすることもできる。これにより、アライメントマークのデザインを簡略化することができ

10

20

30

40

50

る。

【0069】

本実施形態の位置検出システムでは式6を満足する範囲の波長で回折光を検出できることは既に述べたとおりであるが、この波長範囲はできる限り広いことが望ましい。

【0070】

基板8に形成されたアライメントマーク11は基板8の表面に剥き出しになっていることは少なく、数層から数十層積まれたプロセスの内部に形成されている場合が多い。アライメントマーク11の上部に透明な物質からなる層が形成されている場合、いわゆる薄膜干渉によって、照明光の波長によってはマークから返ってくる光の強度が非常に弱くなることがある。このとき、照明光の波長を変えてやれば、薄膜干渉の条件から外れ、マークが見えるようになる。

10

【0071】

このため、検出部3でアライメントマークを検出する場合も照明光の波長を広い範囲で可変とし、基板8を作成するプロセスによって、最もよく検出できる条件を設定できることが望ましい。最もよく検出できる条件とは、例えばモアレ縞の信号強度もしくはコントラストが最大になるような条件である。照明光の波長は光源23としてハロゲンランプのような広帯域に波長を持つ光源を用いてバンドパスフィルタなどで所望の波長帯域を切り出しても良いし、LEDのような単色光光源で中心波長の異なるものを複数備えて切り替えても良い。

【0072】

20

このように照明光の波長を選択すると、式3の回折の条件が変わるため、モアレ縞の信号強度やコントラストが変化し、計測精度が低下することがある。また、場合によっては式6を満足しない波長を選択したくなることもある。そのような場合には、検出光学系のNAや照明光学系の瞳面光強度分布、アライメントマーク10および11の回折格子の周期も併せて変更することによって、モアレ縞の強度あるいはコントラスト等を向上できる場合がある。

【0073】

すなわち、照明光の波長や検出光学系のNA、照明光学系の瞳分布形状、アライメントマーク10および11の回折格子の周期は、基板8を作成するプロセスに応じてモアレ縞を最もよく検出できる条件に適宜選択されることが望ましい。検出光学系のNAおよび照明光学系の瞳強度分布の変更は、前述したように、検出部3内に配置されたプリズム24または開口絞り26および27を切り替えることによって実現される。

30

【0074】

本実施形態では、図4のように照明光学系の瞳面の光強度分布として、X方向とY方向にそれぞれ2つの極が形成された4重極照明について説明した。光強度分布の形状としては、X方向またはY方向に、2つの極が形成された2重極照明を用いても良い。また、ここでは瞳面において周囲よりも強い光強度を有する領域を極と呼ぶ。したがって、極と極の間に光があっても良い。さらに、光強度分布の形状として、輪帯状であってもよい（輪帯照明）。この場合、X方向とY方向にそれぞれ、2つの光強度のピーク（極）が形成される。そのため、輪帯照明を用いても照明光学系は非計測方向に、複数の極を有する光を照射することができる。

40

【0075】

このように、本実施形態の検出部3は、1つのモアレ縞を検出するのに位置合わせマークを2方向から同時に斜入射照明して鉛直方向に検出しているので、従来の1方向から斜入射照明して斜め方向から検出する計測光学系と比べて、2倍の光量を確保することができる。これにより、精度よく2物体の相対位置を検出することができる。

【0076】

本実施形態では第一マークと第三マークが形成された第一物体としてモールド、第二マークと第四マークが形成された第二物体として基板の場合について説明した。しかし、第一マークと第三マークが基板に、第二マークと第四マークがモールドに形成されていても

50

良い。ただし、重ねられて配置されている 2 物体の相対位置を検出するため、2 物体のうち、光源側に配置されている物体は光透過性を有している必要がある。第 1 実施形態ではモールドが光透過性を有している物体として、位置検出装置の光軸に沿って光源側に配置されている。

【0077】

[第 2 実施形態]

第 2 実施形態の位置検出装置について説明する。

【0078】

本実施形態の位置検出装置は、第 1 実施形態で説明した検出部 3 の照明瞳分布とアライメントマーク 10 および 11 の構成が異なることを除いて、その他の基本的な構成は同じである。また、本実施形態の位置検出装置（検出部 3）を備えるインプリント装置についても、装置の基本的な構成、インプリント処理の方法については第一実施形態と同じである。

【0079】

図 10 に本実施形態に係る検出部 3（位置検出装置）の照明瞳分布と検出 NA （ NA_0 ）との関係を示す。図 10 では図 4 と同様に照明光学系の瞳面における瞳の大きさを開口数 NA で示している。本実施形態の検出部 3 の照明瞳分布は $IL11$ と $IL12$ の 2 つの極からなる。 $IL11$ および $IL12$ は、それぞれ直径 NA_p の円形の極である。ここで、 XY 平面上に X 軸および Y 軸と異なる W 軸を新たに定義する。 W 軸は例えば、 X 軸および Y 軸と、それぞれ 45 度をなす方向に定義される。 $IL11$ および $IL12$ は瞳面の W 軸上の光軸からそれぞれプラス方向とマイナス方向 NA_{i1} だけ離れた位置に配置されている。

【0080】

したがって、本実施形態は、アライメントマーク 10 および 11 に対して斜入射照明を行う。また、 NA_0 、 NA_p 、 NA_{i1} は上述の式 2 を満足しており、アライメントマーク 10 および 11 からの正反射光（ゼロ次回折光）を検出しない、暗視野構成になっている。

【0081】

図 11（a）と図 11（b）はそれぞれモールド 7 と基板 8 の X 方向に関する相対位置を検出するためのモールドに形成されたアライメントマーク 10 と基板に形成されたアライメントマーク 11 を図示したものである。モールド側のアライメントマーク 10（第五マーク）は X 方向と W 方向（第三方向）にそれぞれ周期 P_m の周期構造を有するチェッカーボード状の回折格子 10c（第五回折格子）である。また、基板側のアライメントマーク 11（第二マーク）は X 方向に P_m と異なる周期 P_w の周期構造をもつ回折格子 11c（第二回折格子）である。ここで、回折格子 10c の X 方向と W 方向の周期は同一としているが、必ずしもその必要はなく、回折格子 10c の X 方向と W 方向の周期は異なってもよい。

【0082】

この 2 つの回折格子 10c および 11c を重ねた状態で検出部 3 によってモアレ縞を検出する原理について、図 12 を用いて説明する。基本的には第一実施形態で説明した原理と同じである。図 12（a）は WZ 平面、図 12（b）は XZ 平面で回折格子 10c と回折格子 11c を見た図を示している。 X 方向に関する相対位置を検出するためのモアレ縞は、回折格子 10c と回折格子 11c を照明光学系から照射した光で照明することで発生する。図 10 に示した照明瞳面において W 軸に沿った方向に並んだ極 $IL11$ と $IL12$ によってモアレ縞は発生する。

【0083】

図 12（a）を用いて W 方向（非計測方向）に関する回折光について説明する。まず照明瞳面において非計測方向である W 軸に沿った方向に並んだ極 $IL11$ と $IL12$ によって、回折格子 10c および回折格子 11c が W 方向から斜入射照明される。回折格子 10c および 11c による回折角 θ_m 、 θ_w は、第 1 実施形態と同様に、式 4 および式 5 で表

わされる。

【0084】

回折格子10cおよび11cで正反射した光（ゼロ次回折光）D11およびD11は、検出部3が式2を満足するために、検出光学系21には入射しない。一方で、W軸方向にPmの周期をもつ回折格子10cによって角度mだけ回折した回折光D12およびD12は、検出光学系21によって検出される。ここで、PmとNAo、NAil、NApは第1実施形態と同様に式6を満足しているので、式6を満足する範囲の波長でY軸方向への回折光を検出することができる。

【0085】

また、もっとも効率良く1次回折光を検出できるのはD12がY軸に垂直になる場合なので、式7を満足するように、照明条件とモールド側の回折格子の周期が調整されていることが望ましいことも第1実施形態と同様である。

【0086】

以上のように、W方向に関してはモールド側の回折格子10cが斜入射照明され、回折格子10cによってW方向に回折し、検出光学系21により回折光が検出される。

【0087】

次に、図12(b)を用いて、X方向（計測方向）に関する回折光の説明を行う。ここで、IL11およびIL12は本来紙面に対してねじれた方向から入射するものであるが、実際に検出光学系21によって検出される光は上述のように回折格子10cによってW方向にmだけ回折された回折光D12である。回折光D12はXY平面に対して垂直な方向に回折されているので、回折光D12がさらにX方向への回折を考えることは、XY平面に対して垂直に入射する入射光IL11およびIL12を仮想的に考えることと等価である。したがって、ここでは説明を容易にするために、IL11およびIL12がW軸方向に関してXY平面に垂直に回折された回折光D12と等価な入射光IL11およびIL12を用いて説明する。

【0088】

IL11およびIL12は、X軸に垂直な方向から回折格子10cおよび11cに入射する。W方向の場合と同様に+/-1次の回折光を考えると、回折格子10cで+/-1次で回折し、回折格子11cで-/0+1次に回折した回折光D14は、式8で表わされる角度で検出光学系21に入射する。したがって、回折光D14によって周期がP/2のモアレ縞が発生する。

【0089】

次に、回折格子10cもしくは回折格子11cのいずれか一方で1回回折した光は、角度mあるいはwで射出する（図12(b)のD13）。D13はモアレ縞を発生させずにノイズとなるので、検出光学系21によって検出されないように、回折格子の周期と検出部3は式11を満足するように調整されている。

【0090】

また、回折格子10cと回折格子11cのいずれでもX方向に回折しなかった光（ゼロ次回折光、図12(b)のD15）はモールドおよび基板で正反射して検出光学系21に入射する。また、基板に形成された回折格子で回折せずに、基板での反射の前後でモールドに形成された回折格子でそれぞれX方向に+/-n次回折と-/0+n次回折した（トータルでゼロ次の）回折光も検出光学系21に入射する。これらの光はモアレ縞を生成せずにモアレ縞のコントラストを低下する要因となるが、回折格子10cがチェッカーボード状であるため、隣り合う格子からの回折光の位相がずれ、互いに打ち消し合う。したがってD15の強度は抑制され、コントラストよくモアレ縞を計測することができる。

【0091】

以上、モールドと基板のX方向に関する相対位置計測のためのモアレ縞の検出について説明したが、Y方向に関する相対位置計測のためのモアレ縞の検出についても、回折格子10cと11cのX方向とY方向を入れ替えるだけで基本的に同一である。

【0092】

10

20

30

40

50

図13(a)と図13(b)はそれぞれモールドと基板のY方向に関する相対位置を検出するためのモールド側のアライメントマーク10の回折格子10dと、基板側のアライメントマーク11の回折格子11dを図示したものである。

【0093】

モールド側のアライメントマーク10(第六マーク)はX方向とY方向にそれぞれ周期Pmの周期構造を有するチェッカーボード状の回折格子10d(第六回折格子)である。基板側のアライメントマーク11(第四マーク)はY方向に周期Pmと異なる周期Pwの周期構造をもつ回折格子11d(第四回折格子)である。これらの回折格子を重ねて、極IL11とIL12で照明することで、Y方向に関する相対位置計測のためのモアレ縞が発生する。

10

【0094】

したがって、図9のように回折格子10cと11c、回折格子10dと11dとをそれぞれ重ねたマークを、図10のような照明瞳分布と検出NA(NA₀)を有する検出部3を用いてマークを検出することが出来る。図9のように、検出部3の視野40にX方向のアライメントマークとY方向のアライメントマークを同時に入れることによって、X方向とY方向に関する位置合わせのためのモアレ縞を同時に観察することができる。すなわち、本実施形態の位置検出システムでは、一つの検出部3(検出光学系21と照明光学系22)によって2方向の相対位置情報を同時に取得することができる。

【0095】

さらに、本実施形態の位置検出装置では、X方向とY方向のモアレ縞を共通の照明瞳分布で発生させることができる。これによって照明瞳面に配置される光強度分布の数を減らすことができるため、例えば迷光の発生等によるモアレ縞のコントラスト低下を低減することができる。そのため、精度よくモールドと基板の位置合わせを行うことができるという利点がある。

20

【0096】

本実施形態ではW軸をX軸およびY軸に対してそれぞれ45度をなす方向で定義したが、これに限定されることはなく、例えばX軸と40度や30度をなす方向に定義してもよい。ただし、W軸がX軸およびY軸に対してなす角が異なると、回折格子10cと回折格子10dとで基本となる格子の形状が異なってしまう。その結果、回折格子10cと回折格子10dの回折効率に差が生じてしまうので、検出されるモアレ縞の強度やコントラストに差が生じることになる。そのため、X方向とY方向の位置合わせ精度に差が生じる恐れがある。W軸は二つの計測方向(X軸およびY軸)に対してそれぞれ同一な角度(45度)をなす方向に定義されることが望ましい。

30

【0097】

また、ここでは回折格子10cと回折格子10dの周期がそれぞれ同じで、回折格子11cと回折格子11dの周期がそれぞれ同じ場合について説明したが、本実施形態はこれに限られない。すなわち、第1実施形態と同じく、回折格子10cと回折格子10dの周期はそれぞれ異なってもよく、また、回折格子11cと回折格子11dの周期はそれぞれ異なってもよい。

【0098】

40

[第3実施形態]

第3実施形態のインプリント装置について説明する。

【0099】

図14は、本実施形態のインプリント装置の構成を示す概略図である。本実施形態のインプリント装置50は、投影光学系12を備える。その他の装置の構成やインプリント処理の方法については第1実施形態で説明したインプリント装置1と基本的に同じである。

【0100】

投影光学系12はモールド7の直上に配置されており、モールド7に形成されたアライメントマーク10と基板8に形成されたアライメントマーク11の像を投影光学系12

50

の投影面 13 に投影する。

【0101】

また、投影光学系 12 は、その内部にビームスプリッター 14 を備えている。ビームスプリッター 14 には光の波長によって選択的に反射あるいは透過させる光学部材であり、例えば樹脂 9 を硬化させる紫外線を反射して、アライメントマーク 10 および 11 を照明する可視光線あるいは赤外線を透過するように設計することができる。ビームスプリッター 14 は、例えばダイクロイックミラーやダイクロイックプリズム等が用いられる。図 14 はビームスプリッター 14 にダイクロイックミラーを用いた場合を示している。

【0102】

照射部 2 は基板 8 に塗布された樹脂 9 を硬化させるために、本実施形態では紫外線を照射する。照射部 2 は投影光学系 12 の側方からビームスプリッター 14 に光を照射し、ビームスプリッター 14 で反射した光が投影光学系 12 の一部を透過してパターン 7a に所定の形状で照射される。

10

【0103】

検出部 3 (位置検出装置) は投影光学系 12 (およびビームスプリッター 14) を通してアライメントマーク 10 および 11 を照明する。投影光学系 12 の投影面 13 に投影されたモアレ縞の像を検出することで、モールドと基板との相対位置を検出する。検出部 3 は上述の第 1 実施形態で説明した検出部を用いても良いし、第 2 実施形態で説明した検出部を用いても良い。

【0104】

20

ビームスプリッター 14 は、紫外線を透過して可視光線あるいは赤外線を反射するように構成することも可能である。この場合、検出部 3 はアライメントマークからの回折光が投影光学系 12 のビームスプリッター 14 によって折り曲げられた光を検出する。すなわち照射部 2 が投影光学系 12 の上方に配置され、検出部 3 と照射部 2 との位置が図 14 と逆になる。

【0105】

このような装置の構成にすることによって、モールドおよび基板に対してその光軸が鉛直方向になるように配置された検出部 3 を用いても、紫外線照射時に検出部 3 を退避させる必要がなくなる。検出部 3 によるアライメントマーク検出の後に、検出部 3 の退避にかかる時間が必要なくなる。そのため、インプリント装置の生産性を高めることができる。

30

【0106】

また、本実施形態のインプリント装置 50 では、投影光学系 12 の投影面 13 の近傍に折り曲げミラー 15 を配置してもよい。折り曲げミラー 15 によって、検出部 3 から照明される照明光とアライメントマーク 10 および 11 からの回折光はその光束径が小さい位置で XY 面に平行な方向に折り曲げられる。したがって、検出波長範囲の拡大や照明光量の増加のために検出光学系 21 や照明光学系 22 の NA を拡大して検出部 3 の径が大きくなっても、配置の自由度が高くなり、検出部 3 を空間的に余裕のある位置に配置することが可能になる。また、検出部 3 の配置の自由度が高くなることで、モールド 7 と基板 8 に形成されたアライメントマーク 10 および 11 の配置の自由度を高くすることができる。

40

【0107】

本実施形態のような投影光学系 12 が構成されていない場合、検出部 3 はモールド保持部 4 に構成されたモールド駆動機構やモールド倍率補正機構との干渉を避ける必要がある。そのため、検出部 3 をモールド 7 からやや離れた位置に配置するか、その径をなるべく小さくする必要がある。検出部 3 をモールド 7 から離れた位置に配置すると、その光束径が広がるために検出部 3 は大きくなってしまい、検出部 3 を配置する場所にも制限が生じるため、アライメントマークの配置にも自由度が低くなってしまう。

【0108】

また、検出部 3 の径を小さくして配置しようとする、検出光学系 21 および照明光学

50

系 2 2 の N A が小さくなるため、アライメントマークを照明する光量の減少や、検出波長の狭帯域化を招く。結果としてモールドと基板との相対位置合わせの精度を低下させてしまう恐れがある。

【 0 1 0 9 】

本実施形態のように、投影光学系 1 2 を構成することにより、モールド駆動機構やモールド倍率補正機構との干渉や、アライメントマーク 1 0 および 1 1 の配置の制限を気にすることなく、検出部 3 の検出光学系 2 1 や照明光学系 2 2 の N A を拡大することができる。その結果、検出部 3 の検出波長範囲を拡大することができ、照明光量を増加することができる。そして、高い精度でモールドと基板の相対位置合わせを行うことができる。

【 0 1 1 0 】

また、本発明の検出部（位置検出装置）はインプリント装置に限られず、2つの物体の相対位置を計測して位置合わせを行う装置に用いることが出来る。2つの物体の相対位置を検出するものであればモールドと基板に限られない。その場合、2つの物体の一方にアライメントマーク 1 0 を形成し、他方にアライメントマーク 1 1 を形成する。検出部はアライメントマークを同時に検出できるように配置する必要がある。

【 0 1 1 1 】

〔 デバイス製造方法 〕

デバイス（半導体集積回路素子、液晶表示素子等）製造方法は、上述したインプリント装置を用いて基板（ウエハ、ガラスプレート、フィルム状基板）にパターンを形成する工程を含む。さらに、デバイス製造方法は、パターンを形成された基板をエッチングする工程を含みうる。なお、パターンドメディア（記録媒体）や光学素子などの他の物品を製造する場合の製造方法は、エッチングの代わりに、パターンを形成された基板を加工する他の処理を含みうる。本実施形態の物品製造方法は、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも一つにおいて有利である。

【 0 1 1 2 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 3 】

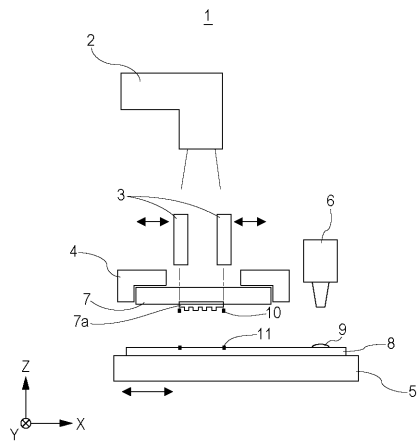
- 1 インプリント装置
- 2 照射部
- 3 検出部（位置検出装置）
- 1 0 アライメントマーク（モールド）
- 1 1 アライメントマーク（基板）
- 2 1 検出光学系
- 2 2 照明光学系

10

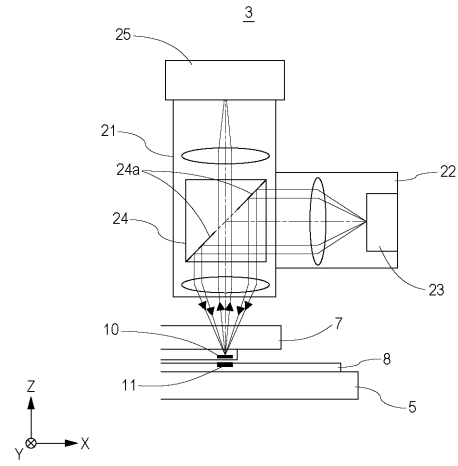
20

30

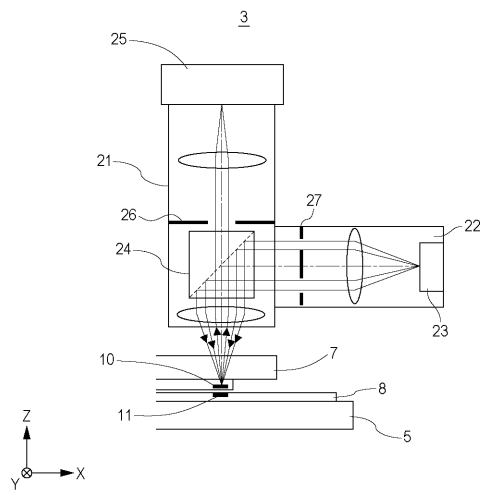
【図 1】



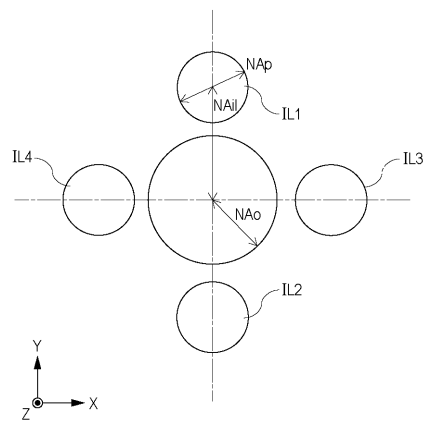
【図 2】



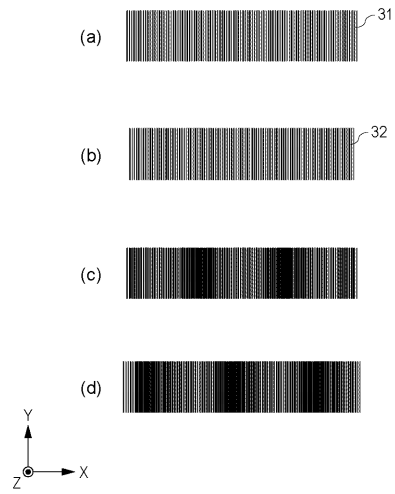
【図 3】



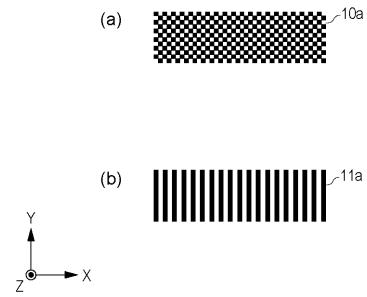
【図 4】



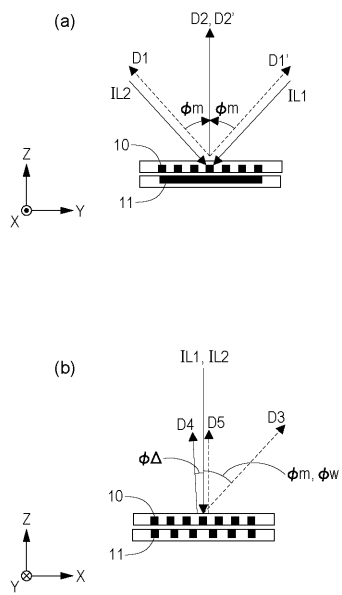
【図 5】



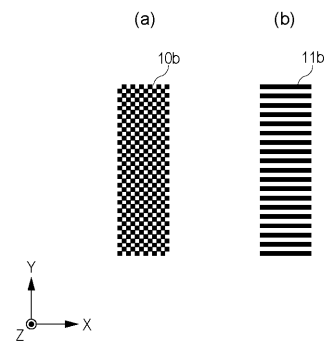
【図 6】



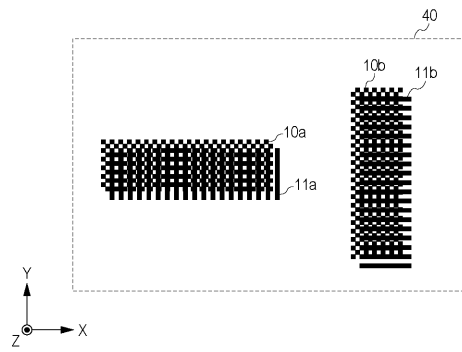
【図 7】



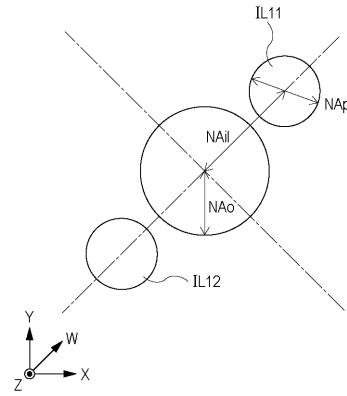
【図 8】



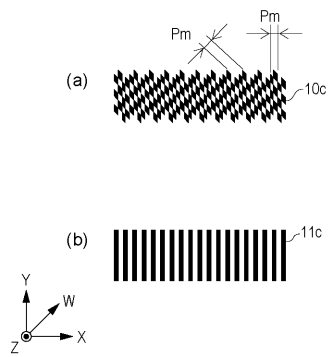
【図 9】



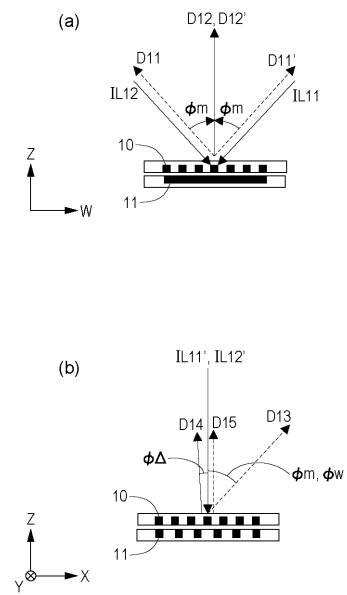
【図 10】



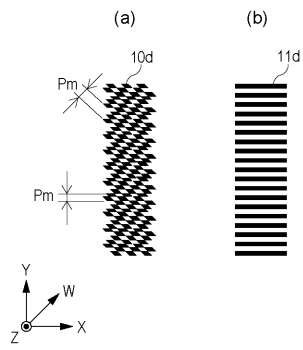
【図 11】



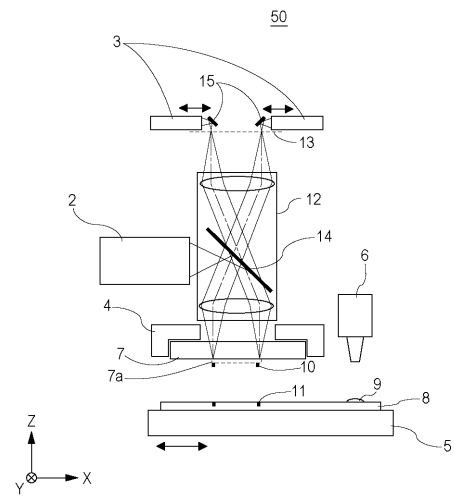
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
B 2 9 C	39/44	(2006.01)	B 2 9 C 39/10
G 0 3 F	9/00	(2006.01)	B 2 9 C 39/44
			H 0 1 L 21/30 5 0 2 M
			H 0 1 L 21/30 5 2 2 D
			G 0 3 F 9/00 H

(72)発明者 三島 和彦
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 前田 普教
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 岩井 俊樹
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 特開2003-068613(JP,A)
 特開平09-189520(JP,A)
 特表2011-509516(JP,A)
 特開平08-306609(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L	2 1 / 0 2 7
G 0 3 F	7 / 2 0
G 0 3 F	9 / 0 0