

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4958614号
(P4958614)

(45) 発行日 平成24年6月20日 (2012. 6. 20)

(24) 登録日 平成24年3月30日 (2012. 3. 30)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)
 G O 3 F 7/20 (2006. 01)
 B 8 2 B 1/00 (2006. 01)
 B 2 9 C 59/02 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 O 2 D
 G O 3 F 7/20 5 O 1
 B 8 2 B 1/00
 B 2 9 C 59/02 Z

請求項の数 28 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2007-108035 (P2007-108035)
 (22) 出願日 平成19年4月17日 (2007. 4. 17)
 (65) 公開番号 特開2008-221821 (P2008-221821A)
 (43) 公開日 平成20年9月25日 (2008. 9. 25)
 審査請求日 平成21年3月26日 (2009. 3. 26)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-114093 (P2006-114093)
 (32) 優先日 平成18年4月18日 (2006. 4. 18)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-305310 (P2006-305310)
 (32) 優先日 平成18年11月10日 (2006. 11. 10)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-36598 (P2007-36598)
 (32) 優先日 平成19年2月16日 (2007. 2. 16)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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
 (74) 代理人 100105289
 弁理士 長尾 達也
 (72) 発明者 末平 信人
 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 関 淳一
 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 千徳 孝一
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン転写装置、インプリント装置、パターン転写方法および位置合わせ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板とモールドとにアライメントマークがそれぞれ構成され、該モールドに形成されて
 いる凹凸パターンを、該基板あるいは該基板と該モールド間に介在する樹脂に転写するパ
 ターン転写装置であって、

第1の物体位置における画像を取得する第1の撮像部と、

前記第1の物体位置と間隔を隔てた第2の物体位置における画像を取得する第2の撮像
 部とを備え、

前記第1の物体位置に前記モールドおよび、基板または基準基板のアライメントマーク
 が配置可能に構成されると共に、第2の物体位置に前記基板または前記基準基板のアライ
 メントマークが配置可能に構成され、

前記第1及び第2の物体位置に配置されたアライメントマークを、それぞれ前記第1及
 び第2の撮像部で観察することによって、これらの撮像部で観察される画像位置の差に関
 する情報を取得し、

前記取得された情報を用いて前記モールドと前記基板の面内方向の位置合わせを行い、
 前記パターンの転写をすることを特徴とするパターン転写装置。

【請求項 2】

前記画像位置の差に関する情報を取得する手段が、前記第1の物体位置での基準基板の
 画像と前記第2の物体位置での基準基板の画像とを比較する手段であることを特徴とする
 請求項1に記載のパターン転写装置。

【請求項 3】

前記第 1 の物体位置と第 2 の物体位置との間隔が、前記モールドに形成されている凹凸パターンと前記基板とが樹脂を介して間接的に接触する距離以上とされていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のパターン転写装置。

【請求項 4】

前記基準基板に構成されているアライメントマークが、前記基板側の面と、前記モールド側の面に配置され、

前記基準基板の厚さを前記第 1 の物体位置と第 2 の物体位置の距離と同じ大きさとされていることを特徴とする請求項 2 に記載のパターン転写装置。

【請求項 5】

前記基準基板に形成されているアライメントマークが、モールドのパターン領域と同じ大きさの領域に、前記アライメントマークを配置して構成されていることを特徴とする請求項 2 または請求項 4 に記載のパターン転写装置。

【請求項 6】

前記基準基板が、前記モールドに形成されている凹凸パターンを転写する基板自体によって構成されていることを特徴とする請求項 2、4、5 のいずれか 1 項に記載のパターン転写装置。

【請求項 7】

前記取得された情報を用い、第 2 の物体位置で前記モールドと前記基板との面内方向の位置合わせを行うと共に、該位置合わせされた前記モールドと基板を直接、あるいは樹脂を介して間接的に接触させ、

前記基板あるいは前記樹脂にパターンを転写可能に構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のパターン転写装置。

【請求項 8】

前記第 1 および第 2 の撮像部に入る光量を調整する光量調整機構を有することを特徴とする請求項 1 に記載の パターン転写装置。

【請求項 9】

前記光量調整機構は、前記第 1 および第 2 の撮像部の複数領域で光量を調整可能に構成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の パターン転写装置。

【請求項 10】

アライメントマークを有するモールドと、アライメントマークを有する基板とを備え、該モールドに形成されている凹凸パターンを、該基板あるいは該基板と該モールド間に介在する樹脂に転写するパターン転写方法であって、

前記モールドのアライメントマークと、基準基板のアライメントマークとを第 1 の物体位置に配置し、第 1 の撮像部で観察して第 1 の画像を取得する第 1 の工程と、

前記基準基板のアライメントマークを、前記第 1 の物体位置と間隔を隔てた第 2 の物体位置に配置し、第 2 の撮像部で観察して第 2 の画像を取得する第 2 の工程と、

前記第 1 及び第 2 の画像を用いて、これらアライメントマークによる画像位置の差に関する情報を取得する第 3 の工程と、

を有することを特徴とするパターン転写方法。

【請求項 11】

前記第 1 の工程において、前記モールドと前記基準基板の位置合わせを行うことを含むことを特徴とする請求項 10 に記載のパターン転写方法。

【請求項 12】

前記第 1 の工程から第 2 の工程の間で、前記基準基板が面内方向の位置を保持することを含むことを特徴とする請求項 10 に記載のパターン転写方法。

【請求項 13】

前記第 3 の工程において、前記画像位置の差に関する情報が前記第 2 の画像と第 2 の物体位置に配置した前記基板のアライメントマークを比較することによって得られることを含むことを特徴とする請求項 10 に記載のパターン転写方法。

10

20

30

40

50

【請求項 14】

前記基準基板として、モールドのパターン領域と同じ大きさの領域に、アライメントマークを備えた基準基板が用いられることを特徴とする請求項 10 乃至 13 のいずれか 1 項に記載のパターン転写方法。

【請求項 15】

前記基準基板が、前記モールドに形成されている凹凸パターンを転写する基板自体によって形成されることを特徴とする請求項 10 乃至 14 のいずれか 1 項に記載のパターン転写方法。

【請求項 16】

前記第 3 の工程の後、前記位置合わせされた前記モールドと基板を、直接、あるいは樹脂を介して間接的に接触させ、第 1 の物体位置でモールドと基板の位置合わせを行い、

前記基板あるいは前記樹脂にパターンを転写することを特徴とする請求項 10 乃至 15 のいずれか 1 項に記載のパターン転写方法。

【請求項 17】

前記位置合わせされた前記モールドと基板を直接、あるいは樹脂を介して間接的に接触させ前記基板あるいは前記樹脂にパターンを転写するに際し、

前記第 1 の物体位置と間隔を隔てた第 2 の物体位置から、前記モールドと基板、あるいは樹脂との間隔を狭めながら位置合わせを行い、前記パターンの転写を行うことを特徴とする請求項 10 乃至 15 のいずれか 1 項に記載のパターン転写方法。

【請求項 18】

前記第 1 及び第 2 の画像を用いて、これらアライメントマークの画像位置の差に関する情報を取得するに際し、

前記撮像素子の中に複数の領域を切り出すプロセスと、
前記複数のそれぞれの領域で信号処理を行うプロセスと、
前記信号処理の結果に基づいてさらに信号処理するプロセスと、
を用いることを特徴とする請求項 10 に記載のパターン転写方法。

【請求項 19】

前記第 1 及び第 2 の画像を用いて、これらアライメントマークの画像位置の差に関する情報を取得するに際し、

前記位置合わせのアライメントマークとして異なるピッチのグレーティングを用い、前記第 1 および第 2 の撮像部によって取得されたデータを重ね合わせ、

それらを信号処理することによって発生するモアレ縞を利用するプロセスを用いることを特徴とする請求項 10 に記載のパターン転写方法。

【請求項 20】

請求項 8 に記載のパターン転写装置の光量調整機構を用い、前記第 1 および第 2 の撮像部の光量調整を行うことを特徴とするパターン転写方法。

【請求項 21】

前記光量調整機構は、前記第 1 および第 2 の撮像部の複数領域で光量調整を行うことを特徴とする請求項 20 に記載のパターン転写方法。

【請求項 22】

請求項 10 に記載のパターン転写方法において、前記第 1 の工程は第 1 の光量によって第 1 の撮像部で観察して第 1 の画像を取得するプロセスを含み、

また、前記第 2 の工程は第 2 の光量によって第 2 の撮像部で観察して第 2 の画像を取得するプロセスを含むことを特徴とするパターン転写方法。

【請求項 23】

請求項 18 に記載のパターン転写方法において、前記複数のそれぞれの領域で信号処理を行う前に、モールドまたは基板の高さ変化と共に倍率補正を行うことを特徴とするパターン転写方法。

【請求項 24】

モールドに形成されている凹凸パターンを、基板に、あるいは基板と該モールド間に介

10

20

30

40

50

在する樹脂に転写するためのパターン転写装置であって、

第1の焦点深度における画像を取得するための第1の撮像部と、

第2の焦点深度における画像を取得するための第2の撮像部とを備え、

該モールドが有する第1のアライメントマークと、該基板が有する第2のアライメントマークとを該第1の焦点深度内に配置し、該第1の撮像部で観察して第1の画像を取得し、

該モールドあるいは該基板が有する第3のアライメントマークを該第2の焦点深度内に配置し、該第2の撮像部で観察して第2の画像を取得し、

該第1及び第2の画像を用いて、該第1及び第2の撮像部の観察範囲の差に関する情報を取得することを特徴とするパターン転写装置。

10

【請求項25】

基板上の樹脂に接触して該樹脂にパターンを転写するモールドと該基板との間の位置合わせを行う位置合わせ装置であって、

前記モールドと前記樹脂とが接触するべき第1物体位置に配置された対象物を撮像し、かつ、前記第1物体位置とは同軸上の第2物体位置に配置された対象物を撮像する撮像部を備え、

前記撮像部を用い、前記モールドと前記樹脂とが互いに接触する前記モールドおよび前記基板の第1配置と前記モールドと前記樹脂とが互いに接触しない前記モールドおよび前記基板の第2配置とのそれぞれにおいて、モールドのマークおよび基準基板のマークを撮像することにより、前記第1配置と前記第2配置との間におけるモールドと基準基板との間の位置合わせのずれに関する第1情報を取得し、

20

前記第1情報と、前記第2配置における前記モールドと前記基板との間の位置合わせに関する第2情報とに基づいて、前記モールドと前記基板との間の位置合わせを行うことを特徴とする位置合わせ装置。

【請求項26】

前記撮像部を用いて前記第2情報を取得することを特徴とする請求項25に記載の位置合わせ装置。

【請求項27】

前記第1情報は、前記第1配置における前記モールドと前記基準基板との間の位置合わせを介して前記第2配置において前記基準基板のマークを前記撮像部で撮像して得られた該マークの位置に関する情報であり、

30

前記第2情報は、前記第1情報における前記基準基板のマークの位置に対する前記第2配置における前記基板のマークの位置のずれに関する情報であることを特徴とする請求項25または請求項26に記載の位置合わせ装置。

【請求項28】

モールドを用いて基板上の樹脂にパターンを転写するインプリント装置であって、

前記モールドと前記基板との間の位置合わせを行う請求項25ないし請求項27のいずれか1項に記載の位置合わせ装置を有することを特徴とするインプリント装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、パターン転写装置、インプリント装置、パターン転写方法および位置合わせ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年において、例えば非特許文献1に紹介されているように、モールド上の微細な構造を半導体、ガラス、樹脂や金属等のワークに加圧転写する微細加工技術が開発され、注目を集めている。

これらの技術は、数ナノメートルオーダーの分解能を持つためナノインプリントあるいはナノエンボッシングなどと呼ばれ、半導体製造に加え、立体構造をウエハレベルで一括加

50

工可能である。

これらは、フォトリソグラフィ等光学素子、 μ -TAS (Micro Total Analysis System)、バイオチップの製造技術等として幅広い分野への応用が期待されている。

【0003】

このようなナノインプリントのうち、例えば、光インプリント方式を半導体製造技術に用いる場合について、以下に説明する。

まず、基板（例えば半導体ウエハ）上に光硬化樹脂からなる層を形成する。次に樹脂層に所望の凹凸構造が形成されたモールドを押し当て、加圧する。紫外線を照射することで光硬化樹脂を硬化させる。これにより樹脂層に上記構造が転写される。この樹脂層をマスクとしてエッチング等を行い、基板へ構造が転写される。

10

【0004】

ところで、このような半導体製造においてはモールドと基板の位置合わせが必要である。

例えば、半導体のプロセスルールが100nm以下になるような昨今の状況において、装置に起因する位置合わせ誤差の許容範囲は、数nm～数十nmと言われる程、厳しいものとなっている。

【0005】

このような位置合わせ方法として、例えば、特許文献1ではモールドと基板を樹脂を介在した状態で接触させ、位置合わせを行うようにした方法が提案されている。

20

この方法では、まず、基板のマーク以外の部分に光硬化樹脂を選択的に塗布する。次に、基板をモールドに相対する位置に移動する。この状態でモールドとワークの距離を縮め、マークが樹脂で埋まらないような高さまで近づける。

この状態で位置合わせを行い、その後最終的な加圧を行う、という方法が採られている。なお、ここでの光学系では、モールドのマーク付近の浅い焦点深度部分のみを観察する方式が用いられている。

【0006】

一方、位置合わせに際し、位置合わせの対象となる2つの物体を離れた状態で位置合わせする方法として、例えば、特許文献2のように2つの撮像素子を用いる方法が提案されている。

30

この方法では、第1物体であるマスクと第2物体であるウエハの相対位置検出を行う際、それぞれの物体上に配置された位置検出マークに対し、両面に別個の基準位置合わせマークを設けた第3の物体を照明光学系側に配置する。

そして、該第3の物体上にある基準位置合わせマークと前記第1及び第2の物体上の位置検出マークの光学像を撮像素子により検出し、前記第1及び第2の物体の位置ずれを検出するように構成されている。

【非特許文献1】Stephan Y. Chou et al., Appl. Phys. Lett., 67, 3114, 1995

【特許文献1】米国特許第6696220号明細書

【特許文献2】特開平10-335241号公報

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

モールドと基板の位置合わせに際し、モールドと基板とを直接あるいは間接的に接触した状態で、面内方向の位置合わせを行うと、これらのモールドや基板に悪影響を及ぼす場合が生じる。

例えば、特許文献1のように、モールドと基板が樹脂を介して接触するような状態でのみ位置合わせを行うものでは、モールドと基板に大きな位置ずれがあった場合に、大きく高速に移動させるとモールドおよび基板を破壊させる可能性がより高くなる。

これに対し、モールドと基板を離れた状態で位置合わせを行うことができれば、モールド

50

および基板を破壊せず、樹脂と接触した後の位置ずれをより少なくすることができ、高速に位置合わせを行うことが可能となる。

一方、このような両者離れた状態での位置合わせをするに際し、特許文献2の方法は、照明光学系が複雑で、両面に高精度のパターンを要する第3の物体が必要になる。

【0008】

本発明は、上記課題に鑑み、高速に位置合わせを行うことが可能な、新規なパターン転写装置、インプリント装置、パターン転写方法および位置合わせ装置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】

【0009】

10

本発明は上記課題を解決するため、次のように構成したパターン転写装置、インプリント装置、パターン転写方法および位置合わせ装置を提供するものである。

本発明のパターン転写装置は、基板とモールドとにアライメントマークがそれぞれ構成され、該モールドに形成されている凹凸パターンを、該基板あるいは該基板と該モールド間に介在する樹脂に転写するパターン転写装置であって、

第1の物体位置における画像を取得する第1の撮像部と、

前記第1の物体位置と間隔を隔てた第2の物体位置における画像を取得する第2の撮像部とを備え、

前記第1の物体位置に前記モールドおよび、基板または基準基板のアライメントマークが配置可能に構成されると共に、第2の物体位置に前記基板または前記基準基板のアライメントマークが配置可能に構成され、

20

前記第1及び第2の物体位置に配置されたアライメントマークを、それぞれ前記第1及び第2の撮像部で観察することによって、これらの撮像部で観察される画像位置の差に関する情報を取得し、

前記取得された情報を用いて前記モールドと前記基板の面内方向の位置合わせを行い、前記パターンの転写をすることを特徴とする。

また、本発明のパターン転写装置は、前記画像位置の差に関する情報を取得する手段が、前記第1の物体位置での基準基板の画像と前記第2の物体位置での基準基板の画像とを比較する手段であることを特徴とする。

また、本発明のパターン転写装置は、前記第1の物体位置と第2の物体位置との間隔が、前記モールドに形成されている凹凸パターンと前記基板とが樹脂を介して間接的に接触する距離以上とされていることを特徴とする。

30

また、本発明のパターン転写装置は、前記基準基板に構成されているアライメントマークが、前記基板側の面と、前記モールド側の面に配置され、

前記基準基板の厚さを前記第1の物体位置と第2の物体位置の距離と同じ大きさとされていることを特徴とする。

また、本発明のパターン転写装置は、前記基準基板に形成されているアライメントマークが、モールドのパターン領域と同じ大きさの領域に、前記アライメントマークを配置して構成されていることを特徴とする。

また、本発明のパターン転写装置は、前記基準基板が、前記モールドに形成されている凹凸パターンを転写する基板自体によって構成されていることを特徴とする。

40

また、本発明のパターン転写装置は、前記取得された情報を用い、第2の物体位置で前記モールドと前記基板との面内方向の位置合わせを行うと共に、該位置合わせされた前記モールドと基板を直接、あるいは樹脂を介して間接的に接触させ、

前記基板あるいは前記樹脂にパターンを転写可能に構成されていることを特徴とする。

また、本発明のパターン転写装置は、前記第1および第2の撮像部に入る光量を調整する光量調整機構を有することを特徴とする。

また、本発明のパターン転写装置は、前記光量調整機構は、前記第1および第2の撮像部の複数領域で光量を調整可能に構成されていることを特徴とする。

また、本発明のパターン転写方法は、アライメントマークを有するモールドと、アライメ

50

ントマークを有する基板とを備え、該モールドに形成されている凹凸パターンを、該基板あるいは該基板と該モールド間に介在する樹脂に転写するパターン転写方法であって、前記モールドのアライメントマークと、基準基板のアライメントマークとを第1の物体位置に配置し、第1の撮像部で観察して第1の画像を取得する第1の工程と、前記基準基板のアライメントマークを、前記第1の物体位置と間隔を隔てた第2の物体位置に配置し、第2の撮像部で観察して第2の画像を取得する第2の工程と、前記第1及び第2の画像を用いて、これらアライメントマークによる画像位置の差に関する情報を取得する第3の工程と、を有することを特徴とする。

また、本発明のパターン転写方法は、前記第1の工程において、前記モールドと前記基準基板の位置合わせを行うことを含むことを特徴とする。

10

また、本発明のパターン転写方法は、前記第1の工程から第2の工程の間で、前記基準基板が面内方向の位置を保持することを含むことを特徴とする。

また、本発明のパターン転写方法は、前記第3の工程において、前記画像位置の差に関する情報が前記第2の画像と第2の物体位置に配置した前記基板のアライメントマークを比較することによって得られることを含むことを特徴とする。

また、本発明のパターン転写方法は、前記基準基板として、モールドのパターン領域と同じ大きさの領域に、アライメントマークを備えた基準基板が用いられることを特徴とする。

また、本発明のパターン転写方法は、前記基準基板が、前記モールドに形成されている凹凸パターンを転写する基板自体によって形成されることを特徴とする。

20

また、本発明のパターン転写方法は、前記第3の工程の後、前記位置合わせされた前記モールドと基板を、直接、あるいは樹脂を介して間接的に接触させ、第1の物体位置でモールドと基板の位置合わせを行い、

前記基板あるいは前記樹脂にパターンを転写することを特徴とする。

また、本発明のパターン転写方法は、前記位置合わせされた前記モールドと基板を直接、あるいは樹脂を介して間接的に接触させ前記基板あるいは前記樹脂にパターンを転写するに際し、

前記第1の物体位置と間隔を隔てた第2の物体位置から、前記モールドと基板、あるいは樹脂との間隔を狭めながら位置合わせを行い、前記パターンの転写を行うことを特徴とする。

30

また、本発明のパターン転写方法は、前記第1及び第2の画像を用いて、これらアライメントマークの画像位置の差に関する情報を取得するに際し、

前記撮像素子の中に複数の領域を切り出すプロセスと、

前記複数のそれぞれの領域で信号処理を行うプロセスと、

前記信号処理の結果に基づいてさらに信号処理するプロセスと、

を用いることを特徴とする。

また、本発明のパターン転写方法は、前記第1及び第2の画像を用いて、これらアライメントマークの画像位置の差に関する情報を取得するに際し、

前記位置合わせのアライメントマークとして異なるピッチのグレーティングを用い、前記第1および第2の撮像部によって取得されたデータを重ね合わせ、

40

それらを信号処理することによって発生するモアレ縞を利用するプロセスを用いることを特徴とする。

また、本発明のパターン転写方法は、上記したパターン転写装置の光量調整機構を用い、前記第1および第2の撮像部の光量調整を行うことを特徴とする。

また、本発明のパターン転写方法は、前記光量調整機構が、前記第1および第2の撮像部の複数領域で光量調整を行うことを特徴とする。

また、本発明のパターン転写方法は、前記第1の工程は第1の光量によって第1の撮像部で観察して第1の画像を取得するプロセスを含み、

また、前記第2の工程は第2の光量によって第2の撮像部で観察して第2の画像を取得するプロセスを含むことを特徴とする。

50

また、本発明のパターン転写方法は、前記複数のそれぞれの領域で信号処理を行う前に、モールドまたは基板の高さ変化と共に倍率補正を行うことを特徴とする。

また、本発明のパターン転写装置は、モールドに形成されている凹凸パターンを、基板に、あるいは基板と該モールド間に介在する樹脂に転写するためのパターン転写装置であって、

第1の焦点深度における画像を取得するための第1の撮像部と、

第2の焦点深度における画像を取得するための第2の撮像部とを備え、

該モールドが有する第1のアライメントマークと、該基板が有する第2のアライメントマークとを該第1の焦点深度内に配置し、該第1の撮像部で観察して第1の画像を取得し、

該モールドあるいは該基板が有する第3のアライメントマークを該第2の焦点深度内に配置し、該第2の撮像部で観察して第2の画像を取得し、

該第1及び第2の画像を用いて、該第1及び第2の撮像部の観察範囲の差に関する情報を取得することを特徴とする。

また、本発明の位置合わせ装置は、基板上の樹脂に接触して該樹脂にパターンを転写するモールドと該基板との間の位置合わせを行う位置合わせ装置であって、

前記モールドと前記樹脂とが接触するべき第1物体位置に配置された対象物を撮像し、かつ、前記第1物体位置とは同軸上の第2物体位置に配置された対象物を撮像する撮像部を備え、

前記撮像部を用い、前記モールドと前記樹脂とが互いに接触する前記モールドおよび前記基板の第1配置と前記モールドと前記樹脂とが互いに接触しない前記モールドおよび前記基板の第2配置とのそれぞれにおいて、モールドのマークおよび基準基板のマークを撮像することにより、前記第1配置と前記第2配置との間におけるモールドと基準基板との間の位置合わせのずれに関する第1情報を取得し、

前記第1情報と、前記第2配置における前記モールドと前記基板との間の位置合わせに関する第2情報とに基づいて、前記モールドと前記基板との間の位置合わせを行うことを特徴とする。

また、本発明の位置合わせ装置は、前記撮像部を用いて前記第2情報を取得することを特徴とする。

また、本発明の位置合わせ装置は、前記第1情報が、前記第1配置における前記モールドと前記基準基板との間の位置合わせを介して前記第2配置において前記基準基板のマークを前記撮像部で撮像して得られた該マークの位置に関する情報であり、

前記第2情報は、前記第1情報における前記基準基板のマークの位置に対する前記第2配置における前記基板のマークの位置のずれに関する情報であることを特徴とする。

また、本発明のインプリント装置は、モールドを用いて基板上の樹脂にパターンを転写するインプリント装置であって、

前記モールドと前記基板との間の位置合わせを行う上記した位置合わせ装置を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、高速に位置合わせを行うことが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

上記構成により、本発明の課題を達成することができるが、それは本発明者が鋭意検討を行った結果、つぎのようなそれぞれの撮像素子の観察範囲の差に関する情報を取得するための、新規なパターン転写を実現するための構成を見出したことに基づくものである。すなわち、ナノインプリント時に、基準基板を利用して、モールドと基板を、位置合わせをするように構成することで、より低コストな位置合わせをすることを可能としたものである。

なお、これらは、ナノインプリントに際し、基板自体にパターン転写する場合だけでなく、モールドと基板間に樹脂を介して転写する場合等を含むものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

本発明の実施の形態においては、上記新規なパターン転写による加工装置を実現するため、つぎのような構成を採ることができる。

すなわち、モールドの加工面にある第1の物体位置とモールドの加工面より被加工部材側にある第2の物体位置を観察する光学系を含み、

前記第1の物体位置を観察する第1の撮像素子と前記第2の物体位置を観察する第2の撮像素子との間の相対的な観察位置関係を認識する手段を用いることによって、モールドと被加工部材の位置合わせを行うように構成することができる。

その際、前記観察位置の差を認識する手段として、基準基板を用いる構成を採ることができる。

10

また、前記第1および第2の撮像素子によって予め撮像したデータと第1および第2の撮像素子で撮像するデータを比較することによって、モールドと被加工部材の位置合わせを行う構成を採ることができる。

また、前記第1および第2の撮像素子の中にあるいくつかの領域をそれぞれ比較することによってモールドと被加工部材の位置合わせを行う構成を採ることができる。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の実施の形態においては、上記新規なパターン転写による加工方法を実現するため、つぎのような構成を採ることができる。

すなわち、モールドの加工面にある第1の物体位置とモールドの加工面に対し被加工部材側にある第2の物体位置を観察する光学系を含む。

20

そして、前記第1の物体位置を観察する第1の撮像素子と前記第2の物体位置を観察する第2の撮像素子との間の相対的な観察位置関係を認識する手段を用いることによってモールドと被加工部材の位置合わせを行うように構成することができる。

その際、前記観察位置の差を認識する手段として、基準基板を用いる構成を採ることができる。

また、前記基準基板によって観察位置の差を認識する工程、前記第2の物体位置で被加工部材とモールドの位置合わせを行う工程を含む構成を採ることができる。また、前記第1および第2の撮像素子によって予め撮像したデータと第1および第2の撮像素子で撮像するデータを比較することによってモールドと被加工部材の位置合わせを行う構成を採ることができる。

30

また、前記撮像素子の中にあるいくつかの領域を切り出す工程、それぞれの領域で信号処理を行う工程、該信号処理結果を元にさらに信号処理を含む構成を採ることができる。

また、前記位置合わせのマークとして異なるピッチのグレーティングを用い、第1および第2の撮像素子によって撮像したデータを重ね合わせる信号処理することによって発生するモアレ縞を利用する構成を採ることができる。

【 0 0 1 4 】

上記した本実施の形態によれば、モールドと基板の2つの物体位置を同軸で観察する光学系を用い、2つの物体位置におけるそれぞれの撮像範囲の相対的位置関係を基準基板によって計測する。そして、その結果を利用してモールドと基板の位置合わせを行うことができる。

40

これにより、モールドと基板が離れた状態で位置合わせすることができ、モールドおよび基板にダメージを与えることなく、高速でモールドと基板の位置合わせをすることが可能となる。

また、モールドと基板のマークを法線方向から観察した場合に別の領域とすることにより、モールドと基板のマークの干渉が起こらず、信号処理が容易となる。

【 0 0 1 5 】

また、本発明に係るパターン転写装置を以下のように構成することもできる。ここでいう装置とは、モールドに形成されている凹凸パターンを、基板あるいは基板と該モールド間に介在する樹脂にパターンを転写可能に構成したパターン転写装置である。

そして、第1の焦点深度における画像を取得するための第1の撮像部と、第2の焦点深度

50

における画像を取得するための第２の撮像部とを備えている。

まず、該モールドが有する第１のアライメントマークと、該基板が有する第２のアライメントマークとを該第１の焦点深度内に配置し、該第１の撮像部で観察して第１の画像を取得する。更に、該モールドあるいは該基板が有する第３のアライメントマークを該第２の焦点深度内に配置し、該第２の撮像部で観察して第２の画像を取得する。

そして、該第１及び第２の画像を用いて、該第１及び第２の撮像部の観察範囲の差に関する情報、すなわち撮像部で観察される画像位置の差に関する情報を取得するように構成する。

ここで、第３のアライメントマークは、第１あるいは第２のアライメントマークと同一のものであっても、別のマークであっても良い。

10

また、前記第１の焦点深度内に前記モールドのアライメントマークを配置可能に構成する一方、前記第２の焦点深度内に被転写基板のアライメントマークを配置可能に構成し、該モールドと該被転写基板との面内方向の位置合わせを行うように構成することもできる。また、前記第２の焦点深度内に前記モールドのアライメントマークを配置し、前記第１の焦点深度内に被転写基板のアライメントマークを配置し、該モールドと該被転写基板との面内方向の位置合わせを行うこともできる。

【００１６】

また、本発明は以下のように位置合わせを行う位置合わせ装置及び方法を含む。

具体的には、

第１のアライメントマークを有する第１の部材と、第２のアライメントマークを有する第２の部材との位置合わせを行う。

20

特に２つの部材の互いに対向しあう面内方向の位置合わせに関する。

まず、第１の物体位置で対象物を観察する第１の撮像部と、第１の物体位置と所定距離以上の間隔を隔てた第２の物体位置で対象物を観察する第２の撮像部と、を用意する。

そして、前記第１の撮像部と第２の撮像部の観察範囲の差に関する情報を取得する。ここでいう情報とは、例えば２つの撮像部がそれぞれ観察する範囲の中心が、互いにどの程度ズレているかに関する情報である。

そして、前記第１の部材の第１のアライメントマークと前記第２の部材の第２のアライメントマークとを、それぞれ前記第１及び第２の撮像部で観察できるように配置した状態で、且つ前記情報を用いながら前記第１の部材と前記第２の部材の位置合わせを行なう。

30

これにより、２つの部材を所定距離隔てた状態で、厳密な面内方向の位置あわせができる。

前記第１の部材と前記第２の部材とをそれぞれ前記第１及び第２の撮像部で観察できるように配置した状態で位置合わせを行なった後、前記第１の部材と第２の部材との間隔を狭めることもできる。更には両部材を接触させることもできる。

【実施例】

【００１７】

以下に、本発明の実施例について説明をする。

〔実施例１〕

実施例１においては、本発明を適用したモールドと基板の位置合わせ方法について説明する。

40

図１に、本実施例における基準基板を用いたモールドと基板の位置合わせ方法を説明する図を示す。

図１において、１０１は第１の物体位置、１０２は第２の物体位置、１０３はモールド、１０４はモールドマークである。

１１０は基準基板、１１１は基準基板マーク、１１２は基板、１１３は基板マークである。

本実施例の位置合わせ方法においては、モールド１０３の加工面にある第１の物体位置１０１と、加工面に対し基板１１２側にある第２の物体位置１０２を観察する光学系を用いる。

50

これによって、それぞれモールドマーク 104 と基板マーク 113 を同時に観察できるようになっている。

なお、第 1 の物体位置 101 と第 2 の物体位置 102 は、例えば数マイクロメートル以上離れており、加工面に対し平行な面内に基板を高速に動かしても、モールドと基板は接触しない位置関係にある。

【0018】

図 1 (a)、(b)、(c)、(d) の各場合において、中央の図が、第 1 の物体位置 101 における第 1 の観察範囲 106 を示している。

また、図 1 の右の図が、第 2 の物体位置 102 における第 2 の観察範囲 107 を示している。なお、第 1 の観察範囲 106 のうち撮像部分を第 1 の撮像範囲 108、第 2 の観察範囲 107 のうち撮像部分を第 2 の撮像範囲 109 とする。

また、図 1 の左の図が、第 1 の物体位置の A - A' におけるモールド 103 と基板 112 の断面を示している。

一般に、このような 2 つの物体位置を観察する撮像素子を、ナノメートルの精度で同軸に配置することは容易ではなく、第 1 の観察範囲 106 と第 2 の観察範囲 107 の中心位置には差が発生する。また、それぞれの観察範囲と撮像範囲の間にも中心位置の差が発生する。さらに、第 1 の撮像範囲とモールドマークの中心位置にも差がある。最終的に位置合わせを行いたいのはモールドと基板であり、ここでは、モールドマークの中心に基板マークの中心を合わせることとする。なお、説明の簡便のために、第 1 の観察範囲、第 1 の撮像範囲は一致しており、第 2 の観察範囲と第 2 の撮像範囲は一致しているとする。この仮定

なお、座標は第 2 の物体位置から第 1 の物体位置へ向かう向きを z 方向の正の向きとする。

【0019】

本実施例の位置合わせ方法の概略を説明する。本方法では、モールドと基板の位置合わせを行うために、基準基板 110 を用いる。

その手順は、以下の通りである。

(1) モールドと基準基板を第 1 の物体位置で面内移動機構を用いて合わせる (図 1 (a))

(2) 基準基板を z の負の向きに移動させ、第 2 の物体位置で像を取得する (図 1 (b))

(3) 第 2 の物体位置で、観察された像と基板を面内移動機構を用いて合わせる (図 1 (c))

(4) 基板を z の正の向きに移動するだけで、第 1 の物体位置でモールドに基板が合う (図 1 (d))。

ところで、同じ基板上にいくつかのパターンを転写するステップアンドリピートのような場合には、基板の最初の一箇所で位置合わせをすればよい。その後は面内移動機構の精度 (サブナノメートル) により繰り返し転写することができる。

【0020】

次に、詳細を説明する。第 1 の物体位置でモールドマークの所望の位置に基板マークを合わせるには、第 2 の物体位置において基板マークをどの位置に配置させることに相当するかということを知ることが必要となる。

この作業はモールドを交換した時にのみ行うようなものである。

図 1 (a) は第 1 の物体位置 101 において、基準基板マーク 111 を、モールドマーク 104 に合わせこんだ状態を示す。

この状態を実現する為の方法を次に説明する。モールドマーク 104 は第 1 の撮像範囲の中心にあるものとする。基板を基板保持部に配置し、面内移動機構を使って、基準基板マークの中心をモールドマークに合わせこむことができる。

この時の位置合わせは面内移動機構を用いることによりナノメートルの精度で行うことが

可能である。

なお、この時、第2の物体位置102の像を特に使う必要は無い。

【0021】

次に、図1(b)に示すように基準基板を、基板昇降機構を使ってzの負の向きに移動し、基準基板マーク111が第2の物体位置102に入るようにする。その間xy方向に基準基板はずれない。

この状態では、第2の物体位置102において基準基板マークが観察され、この状態を撮像し、記憶する。なお、この時第1の物体位置101の像を特に使う必要は無い。

次に図1(c)及び(d)を使って、モールドと基板との位置合わせの方法を説明する。これは新たな基板を配置することに行う操作である。

まず、図1の(c)において、基板112の配置された基板保持部を面内移動機構によってモールド103に対向する指定位置(これをF1-1とする)に配置する。

この時、第2の物体位置に基板マーク113が観察される。この基板マークの中心を図1(b)の第2の物体位置102において観察した基準基板マーク111の中心になるように面内移動機構を使って位置合わせを行う。

この位置合わせはモールドと基板が離れた状態であるため高速に行うことができる。

この時の基板保持部の指定位置(F1-1)と位置合わせが終了した時の基板保持部の位置(これをS1-1とする)の差(これをE1-1とする)を記憶する。なお、この時特に第1の物体位置101の像を特に使う必要は無い。

【0022】

次に、図1(d)に示すように、基板112をzの正の向きに上昇させ、基板を第1の物体位置101に配置する。

この時、基本的にモールドと基板は位置合わせが終了している状態となっている。これ以降の同じ基板上の転写にはこのE1-1のずれがあることを前提として指定位置を設定してインプリントを行う。

なお、この時特に第2の物体位置102の像を使う必要は無い。

もし、図1(d)の第1の物体位置においてモールドと基板との位置にずれて許容範囲外である場合には、さらにモールドと基板を位置合わせすることもある。この操作が必要な場合はモールドと基板が樹脂を介して接触するために応力を受け、モールドと基板の位置がずれるような時が考えられる。

モールドと基板の位置ずれがある場合で、モールドと基板のずれが基板の位置に関係なく同じ量であれば、次の処理を行う。つまり、この時の基板保持部の指定位置(F1-1)と位置合わせが終了した時の基板保持部の位置(これをS1-2とする)の差(これをE1-2とする)を記憶する。

この時(c)において第2の物体位置で位置合わせを行っているので、この値は大きなものとならない。

これ以降の同じ基板上の転写にはこのE1-2のずれがあることを前提として、指定位置を設定してインプリントを行う。

【0023】

以上、基板のある1点におけるモールドと基板のずれ情報に基づいて、基板全面での位置合わせを実施する方法について述べたが、基板全面におけるずれ情報を予め測定しておき、そのずれ情報に基づいてモールドと基板の位置合わせを実施しても良い。

【0024】

次に、本実施例で用いる基準基板の構成について説明する。図2に、本実施例の基準基板の構成を示す。基準基板は転写される基板自体そのものを使うことも可能である。しかしながら、転写される基板の場合、プロセス中の歪みや個体間の差なども懸念されるため、安定した基準基板を使用する方が望ましい。

図2(a)に示す基準基板は、四角い形状をした基準基板201上にモールドのパターン領域と同じ大きさの領域202が配置され、その四隅に基準基板マーク203が配置されて構成されている。

図 2 (b) に示す基準基板は、円形の形状をした基準基板 2 0 4 で、転写する基板と同じサイズにより構成されている。

基準基板上には基準基板マークのあるパターン領域 2 0 5 と基準基板マークのないパターン領域 2 0 6 がある。この構成においては基準基板マークのある位置で補正を行うことができる。

図 2 (c) に示される基準基板は、転写される基板そのものを基準基板 2 0 7 として用いる場合である。この場合、全てにおいて補正を行っても良いし、図 2 (b) のようにいくつかの点で補正しても良い。

【 0 0 2 5 】

次に、本実施例に用いる計測用光学系について説明する。

10

図 3 に本実施例の計測用光学系の構成を示す。

本実施例の計測用光学系においては、光源 3 0 1 から出た光は照明光学系 3 0 2、第 1 のビームスプリッター 3 0 3、第 1 の結像光学系 3 0 4 を通り、モールド 3 0 9 および基板 3 1 2 に到達する。

これらで反射した光は、第 1 の結像光学系 3 0 4、第 1 のビームスプリッター 3 0 3、第 2 の結像光学系 3 0 6 を通り、第 2 のビームスプリッター 3 0 5 を経て第 1 の撮像素子 3 0 7、第 2 の撮像素子 3 0 8 に結像する。

第 1 の撮像素子 3 0 7 には第 1 の物体位置 3 1 3 の像が結像され、第 2 の撮像素子 3 0 8 には第 2 の物体位置 3 1 4 の像が結像される。

ここでは、第 1 の撮像素子 3 0 7 にモールドマーク 3 1 0、第 2 の撮像素子 3 0 8 に基板マーク 3 1 1 が結像している。

20

【 0 0 2 6 】

次に、本実施例におけるモールドに形成されている凹凸パターンを基板あるいは該基板と該モールド間に介在する樹脂に転写するパターン転写装置を構成する加工装置について説明する。

図 4 に、本実施例 1 における加工装置の構成例を示す。

図 4 において、4 0 1 は露光光源、4 0 2 は鏡筒、4 0 3 はモールド保持部、4 0 4 は基板保持部、4 0 5 は基板昇降機構 (z)、4 0 6 は面内移動機構 (x y) である。

4 0 7 は図 3 の計測用光学系、4 0 8 は撮像素子、4 0 9 は解析機構である。

【 0 0 2 7 】

30

モールド保持部 4 0 3 は、真空チャック方式等によってモールド 4 1 1 のチャッキングを行う。

基板 4 1 2 は面内移動機構により所望の位置に移動することができ、基板昇降機構により高さの調整および加圧を行うことができる。

なお、面内移動機構および基板昇降機構は、干渉計などによる距離計測がされており、制御精度はサブナノメートルとなっている。基板の位置移動、加圧、露光等の制御はインプリント制御機構 4 1 0 によって行う。

【 0 0 2 8 】

[実施例 2]

実施例 2 においては、実施例 1 とは異なる形態の、モールドと基板との位置合わせ方法について説明する。

40

本実施例においては、実施例 1 と共通する部分の説明は省略し、差異のある部分について説明する。

図 5 に、本実施例における、モールドと基板の位置合わせ方法を説明する図を示す。

本実施例においては、基準基板の両面にそれぞれ第 1 の基準基板マーク 5 0 6 および第 2 の基準基板マーク 5 0 4 を配置し、基準基板 5 0 5 の光学的な厚さを第 1 の物体位置 5 0 1 と第 2 の物体位置 5 0 3 の距離と同じとしている。

これにより、第 1 の物体位置でモールドマークの所望の位置に基板マークを合わせるには、第 2 の物体位置において基板マークをどの位置に移動すればよいかを以下の説明によって知ることができる。

50

図5(a)は、第1の物体位置501に基準基板505の第1の基準基板マーク506がある場合である。

また、第2の基準基板マーク504は、第2の物体位置503にある。

まず、基準基板を基板保持部(不図示)に配置し、面内移動機構によりモールドマーク507を基準として、第1の基準基板マーク506を第1の物体位置において位置合わせをする。

このときの方法として例えば、第1の基準基板マークの中心とモールドマークの中心が一致するように合わせる。この時、第2の物体位置503には第2の基準基板マーク504があり、この時の像を記憶する。その後、基準基板を基板保持部から回収する。なお、第1の基準基板マークと第2の基準基板マークの面内方向の位置関係に設計値との誤差がある場合は、当該誤差情報を加味して位置合わせを行なうことが好ましい。

10

【0029】

次に、基板を位置合わせする方法を説明する。

これは基本的に実施例1と同様である。図5(b)において、基板の配置された基板保持部を、面内移動機構によりモールドに対向する指定位置(これをF2-1とする)に配置する。この時、第2の物体位置に第1の基板マーク514および第2の基板マーク515が観察される。この第1の基板マークの中心を図5(a)の第2の物体位置において観察した基準基板マークの中心になるように位置合わせを行う。この時の基板保持部の指定位置(F2-1)と位置合わせが完了した基板保持部の位置(これをS2-1とする)の差(これをE2-1とする)を記憶する。

20

【0030】

図5(c)は基板が配置された基板保持部を上昇させ、第1および第2の基板マーク514、515が第1の物体位置に配置された状態である。

通常この状態で、モールドと基板の位置合わせは完了している。これ以降の同じ基板上の転写にはこのE2-1のずれがあることを前提として指定位置を設定してインプリントを行う。

なお、実施例1と同様に、モールドと基板がずれて許容範囲外であるような場合においては、図5(c)で示される第1の物体位置にて、面内移動機構を使ってモールドマーク507を基準として第2の基板マーク515を合わせる。

この時、図5(b)において第2の物体位置で位置合わせを行っているので大きなずれとはならない。

30

指定位置(F2-1)と位置合わせが完了した基板保持部の位置(これをS2-2とする)の差(これをE2-2とする)を記憶する。これ以降の同じ基板上の転写にはこのE2-2のずれがあることを前提として指定位置を設定してインプリントを行う。

【0031】

[実施例3]

実施例3においては、実施例1とは画像の処理方法が異なる、モールドと基板の位置合わせ方法について説明する。

本実施例においては、実施例1と共通する部分の説明は省略し、差異のある部分について説明する。

40

図6に本実施例における信号処理方法を説明する図を示す。まず、基準基板613を第1の物体位置601で観察した場合を説明する。

図6(a)に、基準基板613の基準基板マーク614が、第1の物体位置にある状態を示す。

ここでは、第1の撮像領域608において、モールドマーク604を基準として、第1の領域A610がモールドマークを包含する領域として割り当てる。

その後、ある間隔で第1の領域B611、第1の領域C612を割り当てる。基準基板マーク614は第1の領域Cに対して、面内移動機構で移動させることにより、位置合わせを行う。

この時例えば、第1の領域Aと第1の領域Cを画像から切り出し、それぞれのコントラスト

50

トを調整し、さらにそれらを重ね合わせるなどの信号処理を行って所望の位置に配置する。

基準基板マーク 6 1 4 と第 1 の領域 C との位置合わせが終了した後に、基板昇降機構を使って基準基板を第 2 の物体位置まで下げ、第 2 の物体位置 6 0 3 にて、基準基板マーク 6 1 4 を観察する。

図 6 (b) に、基準基板の基準基板マークが第 2 の物体位置にある状態を示す。ここでは、第 2 の撮像領域 6 0 9 において、基準基板マーク 6 1 4 を基準として、第 2 の領域 C 6 1 7 が基準基板マークを包含するように領域を割り当てる。その後、ある間隔で第 2 の領域 B 6 1 6 , 第 2 の領域 A 6 1 5 を割り当てる。

その後、基準基板を基板保持部から回収する。

【 0 0 3 2 】

次に、基板の位置合わせする方法を説明する。

図 6 (c) に、基板を第 2 物体位置で観察した場合を説明する図を示す。

図 6 (c) において、基板の配置された基板保持部を、面内移動機構によりモールドに対向する指定位置 (これを F 3 - 1 とする) に配置する。

この時、第 2 の物体位置に基板マーク 6 1 9 が観察される。この時、第 2 の領域 B を画像から切り出し、図 6 (b) において取得した第 2 の領域 C の画像と重ね合わせることによって位置合わせを行う。

この位置合わせはモールドと基板の接触がないため高速に行うことができる。なお、それぞれの画像は予めコントラストなどの信号処理を行っておく。

次に、基板を第 1 物体位置で観察した場合を説明する。基板昇降機構により基板を z の正の向きに上昇させ、基板マークが第 1 の物体位置に配置された状態を図 6 (d) に示す。通常、この状態でモールドと基板の位置合わせは、終了しており、その位置ずれは許容範囲内であることが期待される。

この時の基板保持部の指定位置 (F 3 - 1) と位置合わせ後の基板保持部の位置 (これを S 3 - 1 とする) の差 (これを E 3 - 1 とする) を記憶する。

これ以降の同じ基板上の転写にはこの E 3 - 1 のずれがあることを前提として、指定位置を設定してインプリントを行う。

なお、実施例 1 と同様に、モールドと基板がずれて許容範囲外となるような場合においては、モールドと基板が第 1 の物体位置において、最終的にモールドと基板を位置あわせする。

この時、図 6 (c) において第 2 の物体位置で位置合わせを行っているので大きなずれとはならない。

指定位置 (F 3 - 1) と位置合わせ後の基板保持部の位置 (これを S 3 - 2 とする) 差 (これを E 3 - 2 とする) を記憶する。

これ以降の同じ基板上の転写にはこの E 3 - 2 のずれがあることを前提として、指定位置を設定してインプリントを行う。

【 0 0 3 3 】

このように、撮像素子の別々の領域を用いることの効果は、モールドおよび基板において反射率が異なるため、モールドと基板の画像を独立に信号処理することができるため、位置合わせの精度を上げやすくなることである。

また、上下に重なり合わないために互いに干渉の影響を考慮する必要が無く、マークの自由度をあげることができる。

【 0 0 3 4 】

次に、このようなマークの中で、モアレ縞を画像処理によって発生させることにより、高精度の位置合わせを行う方法について説明する。

図 7 に、本実施例 3 におけるモアレ縞を画像処理して位置合わせを行う際に用いる位置合わせマークを説明する図を示す。

図 7 (a) はピッチ P_1 のバーが並んだパターン 7 0 1 とピッチ P_2 のバーが並んだパターン 7 0 2 からなる第 1 のマークである。

図 7 (b) はピッチ P_1 とピッチ P_2 の並びが (a) と逆の場合である第 2 のマークである。

第 1 のマークと第 2 のマークを重ね合わせることによって、図 7 (c) のような合成像 706 を発生する。

この合成像においては、左右のモアレ縞の位相が同じであり、モールドと基板の位置合わせが終了している状態を示している。

なお、モールドと基板の位置合わせが終了していない状態においては、左右のモアレ縞の位相が異なる。ところで、モアレ縞の周期はピッチ P_M で、次のような式で表される。

$$P_M = \frac{P_1 P_2}{|P_1 - P_2|} \quad 10$$

【 0 0 3 5 】

このように、光学倍率を使わなくてもモールドと基板の位置ずれが拡大される。別の形態としては、 $XY\theta$ の位置合わせを行う第 1 のマークとして (d)、第 2 のマークとして (e) のように配置する。

マークの第 1 領域および第 3 領域で y 方向および θ 、マークの第 2 領域および第 4 領域で x 方向および θ の位置合わせを行うことができる。(f) は位置合わせが終了した時の合成像である。

以上で説明した本発明に係る技術は、半導体製造技術、フォトリソグラフィ等光学素子や μ -TAS 等のバイオチップの製造技術等として利用することが可能である。

【 0 0 3 6 】

[実施例 4]

実施例 4 においては、実施例 1 で説明した光学系の別の形態について説明する。特に、実施例 3 において説明したコントラスト調整を行うときに好適である。その理由は、反射率が異なるモールドと基板のマークを同一視野内で撮像するとコントラストが十分取れなくなり、正確な計測を妨げる場合があることによる。従って、マークを垂直方向から観察した場合に互いに光学的に影響を及ぼさない位置に配置し、それぞれに対してコントラストを調整できることが重要である。垂直方向である理由は、モールドまたは基板を z 方向に移動させるため、モールドまたは基板の移動による撮像素子中のマーク位置変化をなくするためである。

当然、斜めから観察する場合にはマークの位置変化に対応した信号処理方法でなければならない。

モールドマークは透過率が高いため、モールドマークのコントラストが基板マークのコントラストより低い傾向がある。

なお、一般にコントラストが高いほど計測精度が向上する。従って、モールドと基板におけるコントラストがそれぞれ最大になるような調整が求められる。

【 0 0 3 7 】

次に、本実施例の計測光学系について説明する。図 8 に、本実施例の計測光学系を説明する図を示す。

図 8 (a) は、第 1 の撮像素子 307、第 2 の撮像素子 308 の前に第 1 の光学素子 801、第 2 の光学素子 802 を配置した構成を示すものである。

ここでの光学素子は、色フィルター、干渉フィルター、ND フィルター、偏光板等に加え、それらの組み合わせにより構成される。

当然、第 1 の光学素子、第 2 の光学素子は反射率にあわせて好適となるようなものを選択する。

なお、カラー CCD の色フィルターをそのまま使っても良い。

また、図 8 (b) は、光学素子により撮像素子の各位置に到達する光を調整する構成を示すものである。

10

20

30

40

50

ここでは、第1の撮像素子307、第2の撮像素子308の撮像領域内で、場所に応じてコントラストの調整ができるよう、場所に対応して特性の異なる第1の光学素子803および第2の光学素子804が配置されている。

この構成においては、第1の物体位置および第2の物体位置で位置合わせを行い、さらに第1の物体位置に基板マークが入ってきた場合に、モールドと基板の反射率が異なっているとしても、モールドマークと基板マークを直接用いて容易に位置合わせを行うことができる。

【0038】

本実施例においては、前記第1および第2の撮像部に入る光量を調整するため光量調整機構を有する構成を採ることができる。

その際、光量調整機構は、第1および第2の撮像部の複数領域で光量を調整するように構成することができる。

10

例えば、図9(a)に示す光学系では、コントラスト調整を行うため、モールド側、基板側のマークにそれぞれに対応した光量を調整可能とした光量調整機構901を用いた光学系によって構成されている。

また、図9(b)に示すものでは、光源からの光量を変えるために回転式シャッター902を用いて構成されている。モールドおよび基板の反射率に応じてシャッターを切り替えて光量調整を行う。

なお、図9の光学系においては、モールドおよび基板マークを第1の光量、第2の光量で撮像する。そのため2回に分けて撮像する。

このように光量を変える方法であっても良いし、撮像素子の露光時間やゲインをモールドおよび基板の特性に合わせて変更しても良い。

20

【0039】

図10(a)、(b)は、モールドと基板の位置合わせにおいて、ボックスインボックス方式の位置合わせ方法で用いるマークの例である。

撮像素子の第1の領域A610はモールド側、第1の領域B611は基板側のマークを示す。この例では図1において説明したようなモールドマーク104、基板マーク113を用いる。当然本実施例の光学系を用いているためモールドおよび基板のマーク位置の反射率が最適になるようになっている。

【0040】

次に、図10(c)、(d)に、それぞれグレーティングから構成されるモールドおよび基板のマークの構成を示す。

30

これは、特にナノメートルオーダーの位置合わせを行う場合に好適である。

本実施例4の光学系を用いているためモールドおよび基板の反射率が最適になるようになっている。

【0041】

次に、本実施例の信号処理方法について説明する。

図11に本実施例の信号処理方法を説明する図を示す。

図11(a)は、倍率補正を行わない場合を説明するフローチャートである。

図11(a)において、まず、S-1の工程において、第1の領域Aと第2の領域Bの画像を取得する。

40

この際領域Aと領域Bの面積は同じにすることが望ましい。

その理由は、FFT解析をするような場合にサンプリング数が同じである場合が多いからである。

なお、面積が違う場合には同じになるように周辺部のデーターをそのまま拡張する等の処理が必要である。

次に、S-2の工程において、それぞれの画像において信号処理A、信号処理Bを行う。このときの処理はローパス、ハイパス、バンドパス、FFT、平滑化、差分等の一般的なフィルター処理である。

また、モールドおよび基板の反射率などによってコントラストが最適になるようにゲイン調整する。

50

次に、S - 3 の工程で演算処理を行う。演算処理は画像をそのまま足しても良いし、掛け算しても良いし、差分をとっても良い。また、その他の関数であってもよい。

次に、S - 4 の工程で信号処理 C を行う。

このときの信号処理も、S - 2 で用いたようなフィルターを用いる。S - 5 の工程で位置検出を行う。

【 0 0 4 2 】

図 1 1 (b) は、S - 2 の工程を S - 2 1 にて倍率補正を行う工程を加えた場合のフローチャートである。特にインプリントにおいてはモールド又は基板の高さが変化し、それと共に光学倍率も変化する。このような場合に倍率補正を行わないと高精度な位置あわせができない場合がある。

倍率補正の方法はバーとバーの間隔と設計値を比較し、設計値に合うように係数を変化させるなどである。

なお、S - 2 以降の信号処理は、2 次元データーで行っても良いし、1 次元データーに変換しても良い。

また、ここでは領域が 2 つの場合を説明したが、さらに多くの領域があっても良い。

【 0 0 4 3 】

次に、上記本実施例の信号処理において、図 1 0 (a) に示すモールドマーク、図 1 0 (b) に示す基板マークを用いた場合の信号処理の例について説明する。まず、S - 1 の工程で領域 A と領域 B の画像を取得する。

S - 2 の工程で倍率補正および領域 A と領域 B にそれぞれ平滑化フィルターを用い、ノイズの低減を図る。さらに、領域 A と領域 B のコントラストを調整する。S - 3 の工程で信号処理後の領域 A と領域 B を足し合わせる。この状況は光学的に重ね合わせた場合と類似したものになる。

S - 4 の工程でさらに平滑化フィルターなどによる信号処理を行う。

S - 5 の工程で位置を検出する。

なお、信号処理の方法として、上記の方法による以外に、S - 2 の工程で領域 A と領域 B におけるマークの重心をそれぞれ直接求めても良い。そして、S - 3 の工程でその重心の差分を求める。S - 4 の工程では特に信号処理を行わない。

S - 5 の工程で差分をモールドと基板の距離に変換する。この差がゼロとなるようなときが位置合わせの終了条件とする。このような方法によることもできる。

【 0 0 4 4 】

次に、上記本実施例の信号処理において、図 1 0 (c) に示す周期構造のモールドマーク、図 1 0 (d) に示す周期構造の基板マークを用いた場合の信号処理の例について説明する。

まず、S - 1 の工程で画像を取得する。

S - 2 の工程で、倍率補正および、2 次元データーから平均化処理を行うことによって 1 次元化を行う。さらに F F T フィルターにより周期構造の基本周波数の成分を切り出す。

S - 3 の工程でそれぞれを数学的に掛け算する。これは、次のような数式で表される。なお、 δ は位置のずれである。

$$\sin\left(\frac{2\pi}{P_1}x\right) \times \sin\left\{\frac{2\pi}{P_2}(x+\delta)\right\} = \frac{1}{2} \left[-\cos\left\{\frac{2\pi}{P_1}x + \frac{2\pi}{P_2}(x+\delta)\right\} + \cos\left\{\frac{2\pi}{P_1}x - \frac{2\pi}{P_2}(x+\delta)\right\} \right]$$

【 0 0 4 5 】

右辺の第 2 項がモアレ縞の成分である。

S - 4 の工程で F F T によって低周波である第 2 項と高周波成分である第 1 項に簡単に分けることができる。すなわちモアレ縞の成分として以下の項を抜き出せる。

10

20

30

40

$$\cos\{2\pi(\frac{1}{P_1} - \frac{1}{P_2})x - \frac{2\pi}{P_2}\delta\}$$

【 0 0 4 6 】

S - 5 の工程でつぎの位相成分を抽出する。

$$-\frac{2\pi}{P_2}\delta$$

10

【 0 0 4 7 】

ここから位置に関連した δ を検出することができる。

この位置合わせにおいては位相成分がゼロになる時が位置合わせの終了した条件とすることが多い。

なお、グレーティングは 7 0 3、7 0 4 のような異なるピッチのマークを並列に配置し、それぞれのグレーティングの基本周波数から同じピッチの 2 組のモアレ縞を発生させて、それらを使って位置合わせを行っても良い。

【 0 0 4 8 】

20

ところで、本実施例による信号処理によってグレーティング等のパターンを重ねることと、光学的に重ねる場合の本質的な違いを述べる。

信号処理による方は理想的な状況であるのに対し、光学的に重ね合わせる場合には多重反射などの影響をうける。

特に、モールドと基板の反射率が異なる場合にはその影響を受けることが多い。従って、検出アルゴリズムによっては計測に誤差を生じる場合が発生する。そのため本実施例のように垂直方向から観察した場合に重なり合わないことで理想的な信号を得、誤差を発生しにくくするために重要である。

【 0 0 4 9 】

なお、コントラストを高めるために、モールドと基板とのギャップに応じて、光源側や撮像素子側に設けるフィルターの透過波長帯域を変えることも、コントラスト向上の点からは好ましい。

30

例えば、モールドの加工面に形成されたパターンを、基板表面の樹脂を硬化させることによって転写するインプリント方法の場合、以下のように行う。

すなわち、該モールドに設けられているアライメントマークを撮像素子で観察する際に、該モールドと基板との間のギャップあるいは該アライメントマークを構成する部材の膜厚に応じて、該撮像素子に入射する光の波長を制御する。

【 0 0 5 0 】

以下に、これらについて具体的に説明する。

インプリントにおいては、モールドと基板との間に、パターンが転写される樹脂を介在させるが、当該樹脂とモールドとの屈折率が近い場合、インデックスマッチングが生じる場合がある。インデックスマッチングが生じると、モールドに凹凸により形成されているアライメント用のマークが消失する場合（実際には、観察が困難になる場合）がある。

40

モールドのマークが消失するインデックスマッチングを回避する方法としては、高屈折率材料をマークに使うことが有効である。

しかし、ナノインプリントではモールドと基板のギャップが数十から数百ナノメートルになることもある。このような場合には、光の干渉効果によりマークのコントラストが低く場合があり、より一層の改良が求められる。

インプリントのモールド（の特にアライメントマーク部分）に高屈折率材料を用いることが好ましい理由を説明する。ここでは、屈折率がそれぞれ SiO_2 : 1.45、樹脂 : 1

50

． 5、 S i N : 2 . 0 であるとする。

【 0 0 5 1 】

屈折率が n_1, n_2 である境界面での反射率 R は次のような式で表される。

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

【 0 0 5 2 】

10

従って、S i O₂と樹脂の境界面での反射率は、次のような式で表される。

$$R = 2 . 9 \times 10^{-4}$$

この値は非常に小さい。マークを観察するとインデックスマッチングと呼ばれ、観察しにくい状況である。

一方、S i Nと樹脂の境界面での反射率は、次のような式で表される。

$$R = 2 . 0 \times 10^{-2}$$

これはS i O₂の場合に比べ2桁良い。ちなみに、S i O₂と空気の境界面での反射率は、次のような式で表される。

$$R = 3 . 4 \times 10^{-2}$$

このように、モールドのマークにS i Nを用いることによって反射率が大きく向上することが分かる。

20

ところで、インプリントではモールドと基板のギャップおよび高屈折率材料の膜が数十から数百ナノメートルになるときがある。

【 0 0 5 3 】

このような場合には光の干渉効果が顕著に現れる。S i O₂、S i N、樹脂 (G a p = 100 nm)、S i の層構成で、S i Nの膜厚を可変にした場合の波長と反射光強度を図12に示す。

図12は、無限厚のS i上に、100 nmの樹脂層を設け、その上に、S i N層 (厚さは20 nm、50 nm、150 nm) を設け、更にその上に無限厚のS i O₂を配置した4層構成としてシミュレーションした結果である。

30

なお、S i Nは20 nm、50 nm、150 nmである。計算の方法は、フレネル反射のモデルを用いた。R e f e r e n c eとしては、上記4層構成からS i N層を除いた3層構成 (上記S i O₂、樹脂、S i の層構成) である。

当然、S i Nがある構成と無い構成 (R e f e r e n c e) の差が大きいほどマークを観察したときのコントラストは良くなる。

例えば、波長600 nmの部分では、S i N50 nmの時が0 . 27であるのに対して、S i N150 nmでは0 . 11である。

R e f e r e n c eが0 . 11であるため、600 nmの波長では、S i Nが50 nmの場合のコントラストが最もよく、その次に、20 nm、150 nmとなる。

800 nmの波長では、S i Nが150 nmの場合のコントラストが最もよく、その次に、50 nm、20 nmとなる。

40

400 nmの波長では、20 nmの場合のコントラストが最も良い。

【 0 0 5 4 】

次に、S i O₂、S i N (膜厚 = 50 nm)、樹脂 (G a p 可変)、S i の3層構成で、G a pとなる樹脂の部分を可変にした場合の波長に対する反射光強度を図13に示す。

なお、G a pは50 nm、100 nm、200 nmである。

波長が600 nmの場合で反射光強度を比較すると、ギャップが100 nmで0 . 273、50 nmで0 . 099、200 nmで0 . 033であった。

600 nmの波長で比較すると、R e f e r e n c eが0 . 11に対し、G a pが100 nmの場合がもっともコントラストがよく、その次に、200 nm、50 nmの順となる

50

。

500nmの波長では、Gapが100nmの場合がもっともコントラストがよく、その次に50nm、200nmの順となる。

800nmの波長では、Gapが200nmの場合がもっともコントラストがよく、その次に50nm、100nmの順となる。

このように、SiNの膜厚や樹脂のGapが数十～数百ナノメートル（観測する光の波長の数分の1～数倍）の場合には波長によって反射率が変化している。このため、SiNの膜厚や樹脂のGapに応じて撮像素子に入る光の波長を制御することが望ましい。

なお、撮像素子に入るスペクトルが400～800nmである場合には、この範囲のスペクトルの平均とReferenceの差によってコントラストが決まる。

【0055】

次に、位置合わせの方法について説明する。

位置合わせにおいて、モールドのマークのコントラストが良いほどその精度が向上する。ここではモールドと基板を近づけながら位置合わせをする場合のマークの観察波長について説明する。

なお、SiNは50nmであるとする。Gapが200nmの場合には、400～450nmの波長にてマークを観察する。

更に近づいて、Gapが100nmでは、500から550nmの波長で観察する。さらに近づいてGapが50nmでは400から450nmの波長で観察する。当然、Gapはこの他の値であっても最適な波長で観察する。

【0056】

波長を選択する方法としては、色フィルターを用いる方法や、複数のレーザー光を用いる方法がある。なお、色フィルターは照明光学系側に配置しても、撮像素子側に配置しても良い。

例えば、既述の実施形態や実施例において、波長フィルターを通して、撮像素子に光情報を入力する場合に、ギャップに応じて、波長フィルタの投下波長帯域を変更することで、常時コントラストの高い像情報を得ることができる。

また、モールドの加工面に形成されたパターンを基板表面の樹脂を硬化させることによって転写するインプリント装置において、

モールドを観察する撮像素子を有し、モールドと基板のギャップに応じて撮像素子に入射する波長を制御する手段を有することは好ましい形態である。

ここで、前記波長を制御する手段としては、色フィルターや複数の光源（例えば、複数の波長を出力可能な光源）により構成する。

なお、樹脂を硬化させるために用いるUV光の照射時間を短縮したい場合や、光源からの照射量の分布がある場合には、使用しているSiNアライメントマークの膜厚で反射率が最小となるように樹脂硬化用のUV光の波長を選択することもできる。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】本発明の実施例1における基準基板を用いたモールドと基板の位置合わせ方法を説明する図。（a）は基準基板を第1物体位置に合わせ観察した場合を説明する図。（b）は基準基板を第2物体位置で観察した場合を説明する図。（c）は基板を第2物体位置で観察した場合を説明する図。（d）は基板を第1物体位置で観察した場合を説明する図。

【図2】本発明の実施例1における基準基板の構成を説明する図。

【図3】本発明の実施例1における計測用光学系を説明する図。

【図4】本発明の実施例1における加工装置を説明する図。

【図5】本発明の実施例2におけるモールドと基板の位置合わせ方法を説明する図。（a）は基準基板を観察した場合を説明する図。（b）は基板を第2物体位置で観察した場合を説明する図。（c）は基板を第1物体位置で観察した場合を説明する図。

【図6】本発明の実施例3における信号処理方法を説明する図。（a）は基準基板を第1

10

20

30

40

50

物体位置で観察した場合を説明する図。(b)は基準基板を第2物体位置で観察した場合を説明する図。(c)は基板を第2物体位置で観察した場合を説明する図。(d)は基板を第1物体位置で観察した場合を説明する図。

【図7】本発明の実施例3における位置合わせマークを説明する図。(a)は1軸計測用の第1のマークを説明する図。(b)は1軸計測用の第2のマークを説明する図。(c)は1軸計測用の合成像を説明する図。(d)はX Y θ 計測用の第1のマークを説明する図。(e)はX Y θ 計測用の第2のマーク、(f) X Y θ 計測用の合成像を説明する図。

【図8】本発明の実施例4における計測光学系を説明する図。(a)は光学素子により撮像素子に入る光を調整する構成を説明する図。(b)は光学素子により撮像素子の各位置に到達する光を調整する構成を説明する図。

10

【図9】本発明の実施例4における計測光学系を説明する図。(a)は光量制御装置により光を調整する構成を説明する図。(b)は回転式シャッターにより光を調整する構成を説明する図。

【図10】本発明の実施例4におけるマークを説明する図。(a)はモールドマーク、(b)は基板マーク、(c)は周期構造のモールドマーク、(d)は周期構造の基板マークを示す図。

【図11】本発明の実施例4における信号処理方法を説明する図。(a)は倍率補正のない場合を説明するフローチャート。(b)は倍率補正のある場合を説明するフローチャート。

【図12】撮像素子入力される波長と光強度との関係を示した図。

20

【図13】撮像素子入力される波長と光強度との関係を示した図。

【符号の説明】

【0058】

101：第1の物体位置

102：第2の物体位置

103：モールド

104：モールドマーク

105：中心位置の差

106：第1の観察範囲

107：第2の観察範囲

30

108：第1の撮像範囲

109：第2の撮像範囲

110：基準基板

111：基準基板マーク

112：基板

113：基板マーク

201：基準基板

202：パターン領域

203：基準基板マーク

204：転写基板と同じサイズの基準基板

40

205：マークのあるパターン領域

206：マークの無いパターン領域

207：基板

208：パターン領域

301：光源

302：照明光学系

303：第1のビームスプリッター

304：第1の結像光学系

305：第2のビームスプリッター

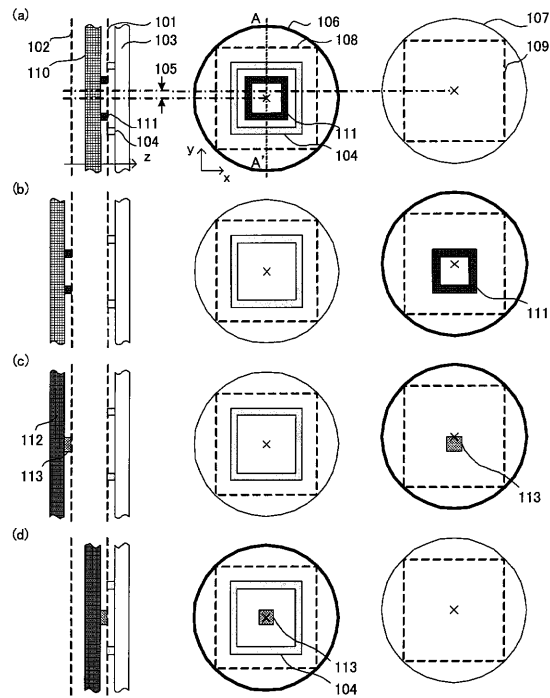
306：第2の結像光学系

50

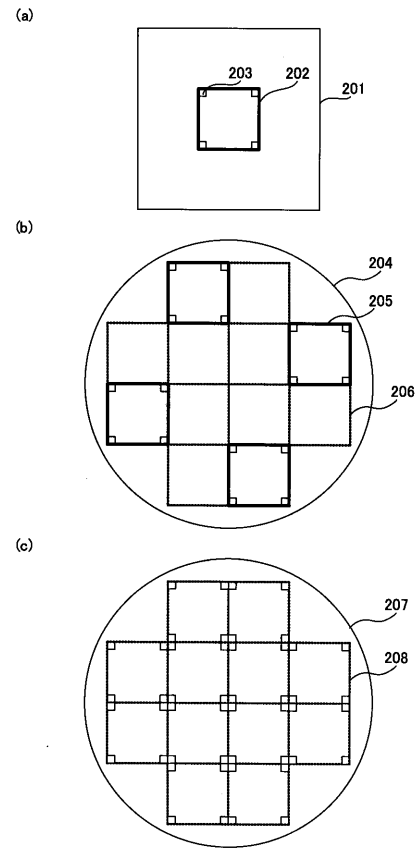
3 0 7 : 第 1 の撮像素子	
3 0 8 : 第 2 の撮像素子	
3 0 9 : モールド	
3 1 0 : モールドマーク	
3 1 1 : 基板マーク	
3 1 2 : 基板	
3 1 3 : 第 1 の物体位置	
3 1 4 : 第 2 の物体位置	
4 0 1 : 光源	
4 0 2 : 鏡筒	10
4 0 3 : モールド保持部	
4 0 4 : 基板保持部	
4 0 5 : 基板昇降機構	
4 0 6 : 面内移動機構	
4 0 7 : 計測用光学系	
4 0 8 : 撮像素子	
4 0 9 : 解析機構	
4 1 0 : インプリント制御機構	
4 1 1 : モールド	
4 1 2 : 基板	20
5 0 1 : 第 1 の物体位置	
5 0 2 : モールド	
5 0 3 : 第 2 の物体位置	
5 0 4 : 第 2 の基準基板マーク	
5 0 5 : 基準基板	
5 0 6 : 第 1 の基準基板マーク	
5 0 7 : モールドマーク	
5 0 8 : 撮像範囲の中心位置の差	
5 0 9 : 第 1 の観察範囲	
5 1 0 : 第 1 の撮像範囲	30
5 1 1 : 第 2 の観察範囲	
5 1 2 : 第 2 の撮像範囲	
5 1 3 : 基板	
5 1 4 : 第 1 の基板マーク	
5 1 5 : 第 2 の基板マーク	
6 0 1 : 第 1 の物体位置	
6 0 2 : モールド	
6 0 3 : 第 2 の物体位置	
6 0 4 : モールドマーク	
6 0 5 : 第 1 の観察範囲	40
6 0 6 : 撮像範囲の中心位置の差	
6 0 7 : 第 2 の観察範囲	
6 0 8 : 第 1 の撮像領域	
6 0 9 : 第 2 の撮像領域	
6 1 0 : 第 1 の領域 A	
6 1 1 : 第 1 の領域 B	
6 1 2 : 第 1 の領域 C	
6 1 3 : 基準基板	
6 1 4 : 基準基板マーク	
6 1 5 : 第 2 の領域 A	50

6 1 6 : 第 2 の領域 B	
6 1 7 : 第 2 の領域 C	
6 1 8 : 基板	
6 1 9 : 基板マーク	
7 0 1 : ピッチ P_1 のパターン	
7 0 2 : ピッチ P_2 のパターン	
7 0 3 : 第 1 のマーク	
7 0 4 : 第 2 のマーク	
7 0 5 : モアレ縞	
7 0 6 : 合成像	10
7 0 7 : ピッチ P_3 のパターン	
7 0 8 : ピッチ P_4 のパターン	
7 0 9 : X Y θ 計測用の第 1 のマーク	
7 1 0 : マークの第 1 領域	
7 1 1 : マークの第 2 領域	
7 1 2 : マークの第 3 領域	
7 1 3 : マークの第 4 領域	
7 1 4 : X Y θ 計測用の第 2 のマーク	
7 1 5 : X Y θ 計測用のモアレ縞	
7 1 6 : X Y θ 計測用の合成像	20
8 0 1 : 第 1 の光学素子	
8 0 2 : 第 2 の光学素子	
8 0 3 : 領域で特性の異なる第 1 の光学素子	
8 0 4 : 領域で特性の異なる第 2 の光学素子	
9 0 1 : 光量調整機構	
9 0 2 : 回転式シャッター	

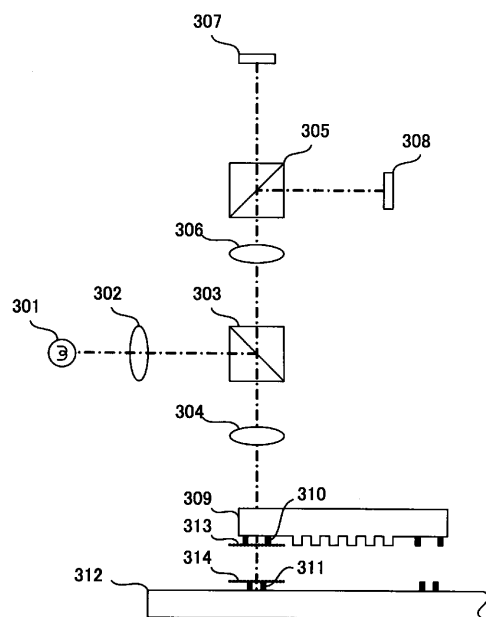
【図 1】



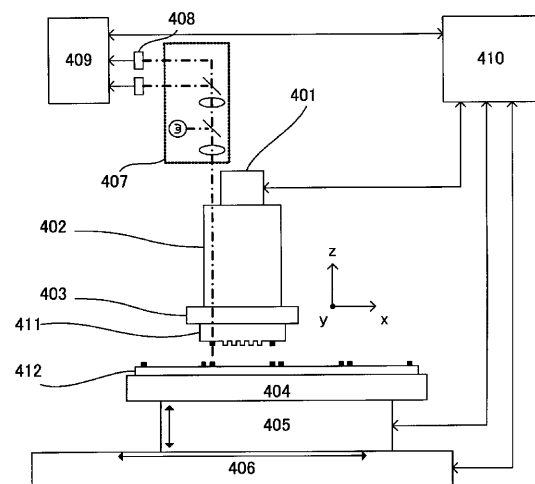
【図 2】



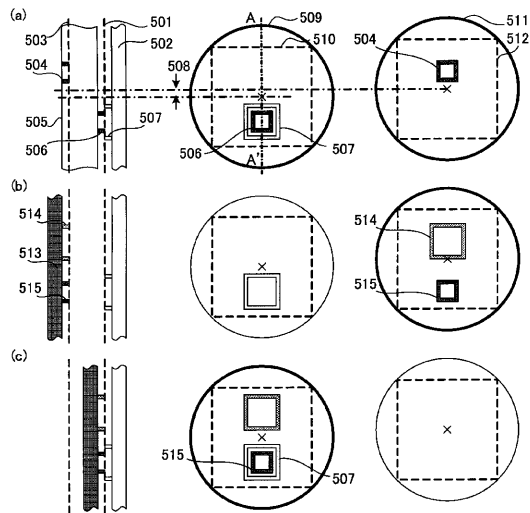
【図 3】



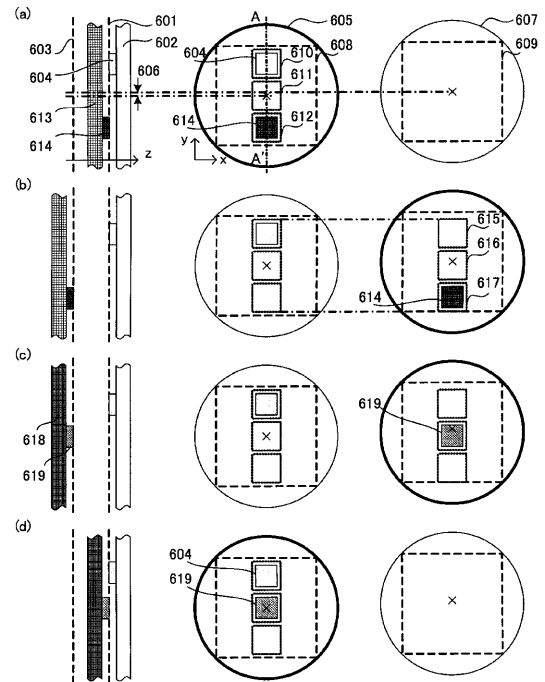
【図 4】



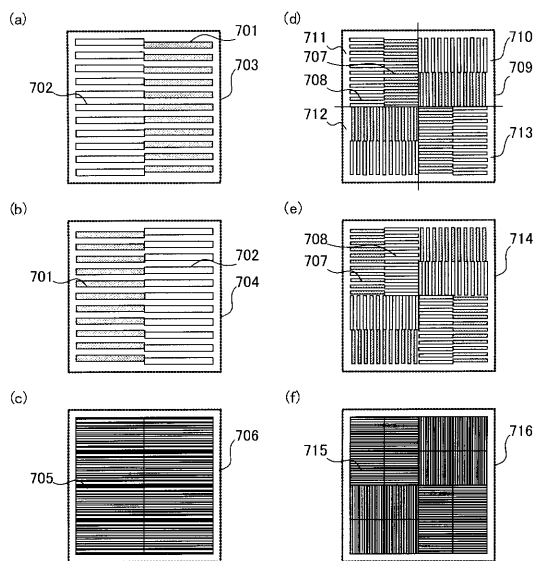
【図 5】



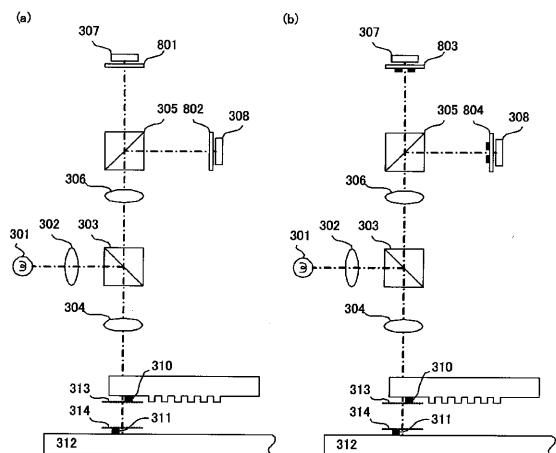
【図 6】



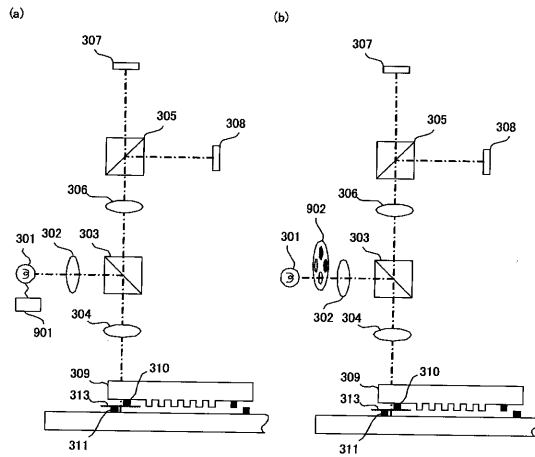
【図 7】



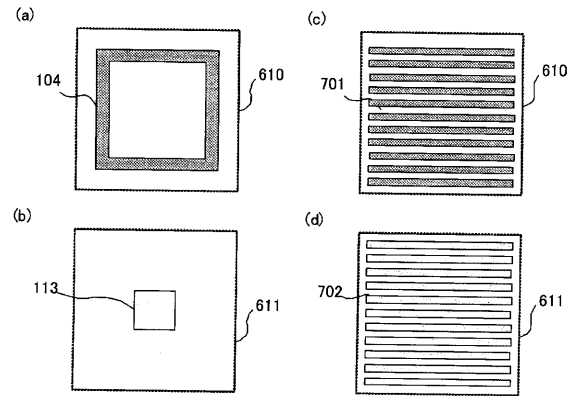
【図 8】



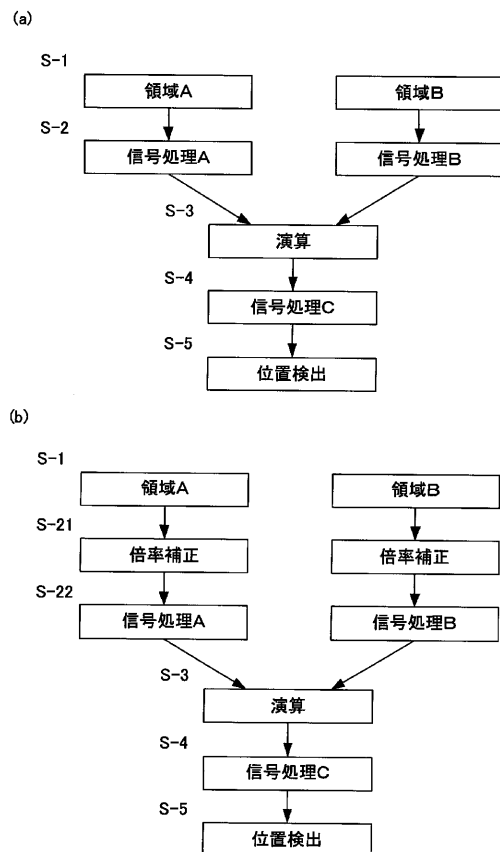
【図 9】



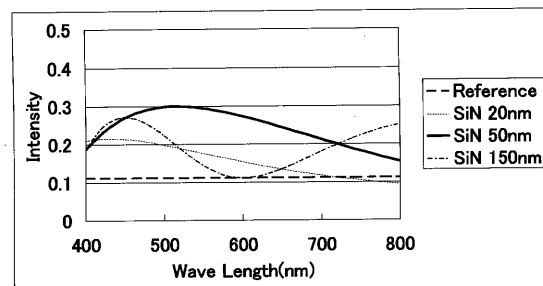
【図 10】



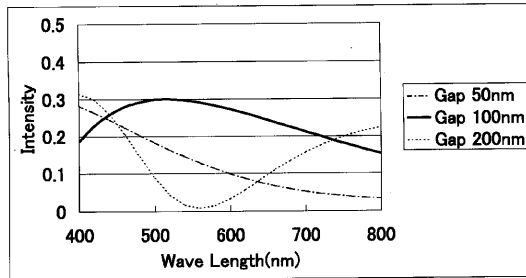
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 稲 秀樹
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 岩本 勉

(56)参考文献 特開平11-340120(JP,A)
特開2004-335808(JP,A)
特開2000-323461(JP,A)
特開2005-116978(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027