

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5096852号
(P5096852)

(45) 発行日 平成24年12月12日(2012.12.12)

(24) 登録日 平成24年9月28日(2012.9.28)

(51) Int.Cl.

G01B 11/02 (2006.01)

F 1

G01B 11/02

H

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2007-242361 (P2007-242361)
 (22) 出願日 平成19年9月19日 (2007.9.19)
 (65) 公開番号 特開2009-74849 (P2009-74849A)
 (43) 公開日 平成21年4月9日 (2009.4.9)
 審査請求日 平成22年9月8日 (2010.9.8)

(73) 特許権者 000001122
 株式会社日立国際電気
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 廣川 智
 東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内
 (72) 発明者 小菅 正吾
 東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内
 (72) 発明者 大塚 重信
 東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】線幅測定装置および線幅測定装置の検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に形成されたパターンの線幅を測定する線幅測定装置の検査方法において、
 高さ方向の位置を決定するための、第1のフォーカスエリアと該第1のフォーカスエリアより小さい範囲の第2のフォーカスエリアを設け、
 測定位置毎に、第1のフォーカスエリアで合焦点するか第2のフォーカスエリアで合焦点するかを予め決めておき、

第1のフォーカスエリアで合焦点する測定位置について、測定位置毎に水平方向の位置と高さ方向の位置を測定し、

第1のフォーカスエリアで合焦点する測定位置の測定位置毎の水平方向の位置と高さ方向の位置から補間によって、第2のフォーカスエリアで合焦点する測定位置の、水平方向の位置と高さ方向の位置を補正し、

補正した位置において、第2のフォーカスエリアで合焦点する測定位置で線幅を測定することを特徴とする線幅測定装置の検査方法。

【請求項 2】

被測定対象物を載置し固定するステージと、前記ステージ上の前記被測定対象物の所定の位置の拡大画像を撮像する光学ヘッドと、前記光学ヘッドを前記被測定対象物の所定の水平位置及び高さ位置に相対的に移動するための移動機構と、前記光学ヘッドの水平位置をレーザ干渉計によって測定する位置測定部と、前記光学ヘッドの高さ位置を合焦点位置に移動させるための合焦点機構と、前記光学ヘッドが撮像した画像を画像処理し、かつ線幅

10

20

測定装置を制御する画像処理部とを備え、前記被測定対象物上に形成されたパターンの寸法を測定する線幅測定装置において、前記画像処理部は、

高さ方向の位置を決定するための、第1のフォーカスエリアと該第1のフォーカスエリアより小さい範囲の第2のフォーカスエリアを設け、測定位置毎に、第1のフォーカスエリアで合焦点するか第2のフォーカスエリアで合焦点するかを予め決めておき、第1のフォーカスエリアで合焦点する測定位置について、測定位置毎に水平方向の位置と高さ方向の位置を測定し、第1のフォーカスエリアで合焦点する測定位置の測定位置毎の水平方向の位置と高さ方向の位置から補間によって、第2のフォーカスエリアで合焦点する測定位置の、水平方向の位置と高さ方向の位置を補正し、補正した位置において、第2のフォーカスエリアで合焦点する測定位置で前記被測定対象物上に形成されたパターンの線幅を測定することを特徴とする線幅測定装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パターン寸法を測定する測定装置に関わり、特に、平面状試料のパターン寸法を高精度に寸法測定を行う線幅測定装置の検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示パネル、等のF P D (Flat Panel Display)、半導体ウエーハ、若しくは、それらを製作するためのガラスマスク、等、平面状基板に形成されたパターンの線幅等の寸法を高精度に測定するための線幅測定装置は、近年、ワークサイズが大きくなる傾向にあり、かつ、パターンがより高精細になっていっている。L C D (Liquid Crystal Device) 基板でも、その傾向が強く、L C D 測定用の線幅測定装置 (L C D 線幅測定装置) では、基板の大型化及び高精細化に伴い、位置ずれ対策が重要となってきている。

20

【0003】

L C D 線幅測定装置等の線幅測定装置は、C C D (Charge Coupled Device) カメラ等、固体撮像素子を使ったカメラ搭載の光学顕微鏡ヘッド (以降、光学ヘッドと称する) を、被測定対象物のL C D 基板の測定位置に移動させ、移動した位置の被写体像を撮像して、パターン認識により寸法測定を行う。

光学ヘッドを測定位置に移動させるためには、例えば、被測定対象物である基板を水平面 (X - Y 平面) 上に固定し、光学ヘッドを X 軸方向と Y 軸方向とに移動させる 2 軸構造とし、更に、光学ヘッドの合焦点のために高さ (Z 軸) 方向にも光学ヘッドを移動可能としている。

30

【0004】

位置ずれの補正としては、例えば、特許文献 1 では、パターン認識によって位置ずれを検出し、測定箇所の位置ずれが大きい場合のみ、位置ずれを補正するために移動してから測定し、被測定箇所 (測定位置) の位置ずれが小さい場合には、位置ずれを補正しないで測定している。

また、例えば、特許文献 2 では、レーザ変位計若しくはレーザ干渉計を用いて位置ずれを検出し、X 軸方向と Y 軸方向のステージの移動量を補正している。

40

【0005】

以下、添付図面を参照しながら従来技術を詳細に説明する。なお、各図において、共通な機能を有する部分には同一符号を付して、その重複する説明を省略する。

【0006】

先ず、従来の検査装置の一実施例を図 1 によって説明する。図 1 は、従来の一実施例の線幅測定装置の概略を示す斜視図である。

図 1 において、1 0 は線幅測定装置、1 2 は L C D 基板等の基板、1 1 は基板 1 2 を載置するステージ、1 3 は光学ヘッド、1 4 は Y 軸ステージ、1 5 は X 軸ステージ、1 6 は X 軸レール、1 7 は定盤である。

線幅測定装置 1 0 において、ステージ 1 1 と X 軸レール 1 6 は、定盤 1 7 の上に搭載さ

50

れている。X 軸レール 16 のレールに沿って X 軸方向に移動できるように X 軸ステージ 15 が搭載されている。また、X 軸ステージ 15 に沿って Y 軸方向に移動できるように Y 軸ステージ 14 が搭載されている。そして、Y 軸ステージ 14 に光学ヘッド 13 が取り付けられている。

光学ヘッド 13 は、Y 軸ステージ 14 に取り付けられているために、Y 軸方向に移動可能であると共に、Y 軸ステージ 14 を介して間接的に X 軸ステージ 15 上にあるため、X 軸ステージ 15 が、X 軸レール 16 上を X 軸方向に移動することによって、X 軸方向にも移動可能である。

このように、光学ヘッド 13 は、X 軸ステージ 15 と Y 軸ステージ 14 がステージ 11 上を X 軸方向若しくは Y 軸方向に移動することによって、ステージ 11 上に固定された基板 12 の任意の測定位置へ移動して、拡大画像を取得できる。10

なお、光学ヘッド 13 は、Y 軸ステージ 14 に高さ (Z 軸) 方向に移動可能に取り付けられているため、合焦点可能である。

【0007】

図 2 によって、従来の線幅測定装置のおおよその機構を更に説明する。図 2 は、従来の線幅測定装置を上方向から見た図である。なお、本願の説明に必要のない部分は図示せず、省略している。例えば、図 1 で説明したステージ 11 と定盤 17 は、図示していない。12 は基板、13 は光学ヘッド、14 は Y 軸ステージ、15 は X 軸ステージ、及び、16 は X 軸レールで、図 1 と同様である。また、21 はレーザ干渉計、22-1 は LXA ターゲットミラー、22-2 は LXB ターゲットミラー、23 は LY ターゲットミラー、24-2 と 25 は反射ミラー、24-1 と 26 はハーフミラー、27-1 ~ 27-4、28-1 と 28-2、及び、29 はレーザ光の通過経路を模式的に示した光路である。20

【0008】

図 2において、ステージ(図示しない)上に固定された基板 11 の測定位置に光学ヘッド(例えば CCD カメラ搭載の光学顕微鏡)13 を移動することにより、測定位置のパターンの座標(距離)を測定する。光学ヘッド 13 の水平方向の移動は、Xステージ 15 若しくは Yステージ 14 の少なくとも 1 つを駆動することにより実行される。

この線幅測定装置においては、光学ヘッド 13 は、Y 方向に移動する Y 軸ステージ 14 に取り付けられ、向かい合った 2 つの X 軸ステージ 15 は、Y 軸ステージ 14 の両端を支持して、移動するガントリー形式である。なお、Y 軸ステージ 14 の左右の細い矢印は、Y 軸ステージ 14 の移動方向を表わし、X 軸ステージ 15 の上下の細い矢印は、X 軸ステージ 15 の移動方向を表わしている。30

【0009】

レーザ干渉計 21 は、LXA ターゲットミラー 22-1 と LXB ターゲットミラー 22-2 で X 軸方向のステージの移動量を測定し、LY ターゲットミラー 23 で Y 軸方向のステージの移動量を測定する。

即ち、レーザ干渉計から出力されるレーザ光は、光路 29 に沿ってハーフミラー 26 に到達し、ハーフミラー 26 で直進するレーザ光と 0.5 [rad] の角度に反射するレーザ光とに分岐する。

ハーフミラー 26 で反射したレーザ光は、光路 28-2 に沿って反射ミラー 27 に到達し、反射ミラー 25 で 0.5 [rad] の角度に反射する。反射ミラー 25 で反射したレーザ光は、光路 28-1 に沿って LY ターゲットミラー 23 に到達する。40

LY ターゲットミラー 23 に到達したレーザ光は、反射して、光路 28-1、反射ミラー 25、光路 28-2、ハーフミラー 26、及び、光路 29 を通ってレーザ干渉計 21 に戻る。

【0010】

また、ハーフミラー 26 から直進するレーザ光は、光路 27-4 に沿ってハーフミラー 24-1 に到達し、ハーフミラー 24-1 で直進するレーザ光と 0.5 [rad] の角度に反射するレーザ光とに分岐する。

ハーフミラー 24-1 で反射したレーザ光は、光路 27-1 に沿って LXA ターゲット50

ミラー 22-1 に到達する。

LXA ターゲットミラー 22-1 に到達したレーザ光は、反射して、光路 27-1、ハーフミラー 24-1、光路 27-4、ハーフミラー 26、及び、光路 29 を通ってレーザ干渉計 21 に戻る。

ハーフミラー 24-1 で直進したレーザ光は、光路 27-3 に沿って反射ミラー 24-2 に到達し、0.5 [rad] の角度に反射する。

反射ミラー 24-2 で反射したレーザ光は、光路 27-2 に沿って LXB ターゲットミラー 22-2 に到達する。

LXB ターゲットミラー 22-2 に到達したレーザ光は、反射して、光路 27-2、光路 27-3、ハーフミラー 24-1、光路 27-4、ハーフミラー 26、及び、光路 29 を通ってレーザ干渉計 21 に戻る。 10

【0011】

光路 27-1 ~ 27-4、28-1、28-2、及び、29 は、ほぼ同一の平面状になるように、レーザ干渉計 21、LXA ターゲットミラー 22-1、LXB ターゲットミラー 22-2、LY ターゲットミラー 23、反射ミラー 24-1 及び 25、並びに、ハーフミラー 24-1 及び 26 が検査装置上に設置されている。

また、レーザ干渉計 21、ハーフミラー 26、ハーフミラー 24-1、及び、反射ミラー 24-2 は、それぞれ、設置された位置が固定されて相互の距離が予め分かれている。

また、反射ミラー 25 は、X 軸ステージ 15 の移動に連動して LY ターゲットミラー 23 と常に Y 軸方向と平行な位置とするため、図 2 では特に図示していないが、X 軸ステージ 15 に搭載されている。 20

【0012】

図 2 に示すような配置で、レーザ干渉計 21 は、光路 27-1 及び光路 27-2 の距離の変位を検出して X 軸ステージ 15 の移動した距離（移動量）を算出し、光路 28-1 の距離の変位を検出して Y 軸ステージ 14 の移動した距離（移動量）を算出する。

【0013】

次に、各測定位置での位置ずれ量の検出について、図 3 を参照して説明する。図 3 は、位置ずれ量を検出するためのパターンの一例を示す図で、同様の目的のパターンが、1 つの基板に n 個（n は 2 以上の自然数）設けられている（例えば、後述の図 4 参照）。 30

図 3 に示す画像 30 は、図 2 で図示した X 軸ステージ 15 と Y 軸ステージ 14 とを用い、基板 12 上の所望の位置に光学ヘッド 13 を移動させることによって、光学ヘッド 13 中の CCD カメラ等のイメージセンサで、基板 12 上の被検査対象物（パターン）の一部の拡大画像（画像 30）を撮像して得られる。

図 3において、光学ヘッド 13 の移動位置は、予めプログラムされた位置であり、画像 30 の中心 P₀ である。しかし、画像 30 のように、基板製作過程でのばらつきや、X 軸ステージ 15 及び Y 軸ステージ 14 等を駆動するモータの発熱による検査装置の熱膨張の不均一から発生する機械的誤差の違い、等により、例えば図 3 のように、画像 30 の中心 P₀ とパターン 31 の中心 P₁ との位置がずれる。

検査装置は、この位置ずれの量（ズレ量）O' (X, Y) をパターン認識等の画像処理によって算出する。 40

【0014】

図 4 は、基板 12 上に配設されたパターンを示す図である。図 4 では、図 3 で説明したパターン以外は、省略している。

図 4 は、基板 12 全体（X0Y0 は基板原点を示す）に図 3 で説明したようなパターンが n 個設けられている様子を示している。図 4 では、n = 90 である。検査装置は、基板原点 X0Y0 の方から、矢印の示す順番にパターン 41-1 ~ 41-8 ~ 41-15 ~ 41-22 ~ 41-30、41-31 ~ 41-38 ~ 41-45 ~ 41-52 ~ 41-60、41-61 ~ 41-68 ~ 41-75 ~ 41-82 ~ 41-90 まで、X ステージ 15 若しくは Y ステージ移動 14 の少なくとも一方を駆動して、次々と光学ヘッド 13 を移動させる。そして移動しながら、それぞれのパターン 41-1 ~ 41-n としてプログラム 50

に登録された位置において、画像を撮像して位置補正を繰り返す。

なお、図4では、Y軸方向のパターンは3行で図示しているが、2行でも4行以上でも良い。また、パターンの配置が不規則的配置されていても良い。

【0015】

この時、それぞれの測定位置、即ち、それぞれのパターン $41-1 \sim 41-n$ の位置として登録されている位置座標において、レーザ干渉計が取得した位置座標情報と画像処理によって取得した位置座標情報を、プログラムに登録された位置座標を参照して補正を加える。

画像処理によって算出したそれぞれの測定位置でのパターン $41-1$ のX座標の位置ずれ量を X_1 、Y座標の位置ずれ量を Y_1 とし、パターン $41-n$ のX座標の位置ずれ量を X_n 、Y座標の位置ずれ量を Y_n とする。そして、レーザ干渉計によるパターン $41-1$ のプログラム登録位置とのX座標の位置ずれ量を LX_1 、Y座標の位置ずれ量を LY_1 とし、パターン $41-n$ のプログラム登録位置とのX座標の位置ずれ量を LX_n 、Y座標の位置ずれ量を LY_n とし、かつ、1点目の測定位置 $M_1 (X_{M_1}, Y_{M_1})$ をパターン $41-1$ の登録位置とし、n点目の測定位置 $M_n (X_{M_n}, Y_{M_n})$ をパターン $41-n$ の登録位置とした場合に、

$$X_{M_1} = LX_1 + X_1, Y_{M_1} = LY_1 + Y_1$$

$$X_{M_n} = LX_n + X_n, Y_{M_n} = LY_n + Y_n$$

となる。

【0016】

なお、上記の $LX_1 \sim LX_n$ に用いる値は、2つのターゲットミラー(LXA ターゲットミラー $22-1$ 及び LXB ターゲットミラー $22-2$)でのレーザ干渉計の算出値において、Y軸の補正を行い、光学ヘッド13のY軸方向の位置により重みづけをした値を用いる。

また、上記の $LX_1 \sim LX_n$ に用いる値は、図2で示した LXA ターゲットミラー $22-1$ 若しくは LXB ターゲットミラー $22-2$ のいずれかによるレーザ干渉計の算出した値を用いても良く、その場合、更に2つのターゲットミラーに関わるレーザ干渉計の算出値によって別にY軸の補正をしても良い。

【0017】

【特許文献1】特開2006-184085号公報

【特許文献2】特開2002-228411号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

従来の線幅測定装置では、1点の測定毎にレーザ干渉計で位置座標の測定の前に高さ方向の調整を必要とする。即ち、それぞれの測定位置において光学ヘッドの合焦点を行つてから、測定位置を含むエリア(以降、測定エリアと称する)の合焦点後に撮像された画像で画像処理を行つて測定している。このため、1点あたりの測定時間が長く、測定点が多数の場合には、測定時間が長時間となる。例えば、図4の基板12を測定する場合1点の測定に5[s]かかる。従つて、測定点(測定位置)nが90点あるので、450[s]の測定時間が必要となる。

このように測定が長時間になると、ステージを駆動するリニアモータ等の発熱により、ステージ構成部品が不均一に熱膨張を起こし、ステージの直交度の変化、又は、レーザ変位計若しくはレーザ干渉計とステージ間の相対位置の変化、等のずれが発生していた。

本発明の目的は、上記のような問題を解決し、測定時間を短縮した線幅測定装置の検査方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記の目的を達成するために、本発明の検査方法は、測定点位置が多数存在する基板を

10

20

30

40

50

検査する場合に、測定位置毎に行っていった合焦点動作を省略し、合焦点位置を内挿若しくは外挿できるような複数の一部の測定位置について行う。そして、取得した合焦点情報から、合焦点動作していない測定位置での合焦点高さを内挿補間若しくは外挿補間によって算出し、算出した合焦点高さ範囲内で合焦点動作をするものである。

【0020】

本発明の検査装置は、LCD基板等の基板を載置して固定するステージと、光学顕微鏡とカメラからなる光学ヘッド部と、撮像部を基板上の所定の位置及び高さに移動するステージ機構部と、ステージ制御を行う制御装置と、撮像した画像を処理し、かつ検査装置を制御する画像処理部とを備え、基板上に形成されたパターンの寸法を測定する検査装置において、基板上的一部の測定位置について合焦点して高さを決定し、残りの測定位置の高さ調整を決定した高さのデータから内挿若しくは外挿によって算出した高さデータで実行するものである。10

【0021】

即ち、本発明の線幅測定装置の検査方法は、基板上に形成されたパターンの線幅を測定する線幅測定装置の検査方法において、高さ方向の位置を決定するための、第1のフォーカスエリアと該第1のフォーカスエリアより小さい範囲の第2のフォーカスエリアを設け、測定位置毎に、第1のフォーカスエリアで合焦点するか第2のフォーカスエリアで合焦点するかを予め決めておき、第1のフォーカスエリアで合焦点する測定位置について、測定位置毎に水平方向の位置と高さ方向の位置を測定し、第1のフォーカスエリアで合焦点する測定位置の測定位置毎の水平方向の位置と高さ方向の位置から補間によって、第2のフォーカスエリアで合焦点する測定位置の、水平方向の位置と高さ方向の位置を補正し、補正した位置において、第2のフォーカスエリアで合焦点する測定位置で線幅を測定するものである。20

【0022】

また本発明の線幅測定装置は、被測定対象物を載置し固定するステージと、ステージ上の被測定対象物の所定の位置の拡大画像を撮像する光学ヘッドと、光学ヘッドを被測定対象物の所定の水平位置及び高さ位置に相対的に移動するための移動機構と、光学ヘッドの水平位置をレーザ干渉計によって測定する位置測定部と、光学ヘッドの高さ位置を合焦点位置に移動させるための合焦点機構と、光学ヘッドが撮像した画像を画像処理し、かつ検査装置を制御する画像処理部とを備え、被測定対象物上に形成されたパターンの寸法を測定する検査装置において、被測定対象物上的一部の測定位置について合焦点して高さを決定し、残りの測定位置の高さ調整を決定した高さのデータから内挿若しくは外挿によって算出した高さデータで実行するものである。30

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、LCD自動線幅測定装置等の検査装置の検査時間を短縮でき、検査装置のタクトタイムを短縮することができる。

また本発明によれば、測定時間を短縮し、ステージ構成部品が熱膨張を起こしステージの直交度変化等のずれが発生しない線幅測定装置の検査方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、添付図面を参照しながら本発明を詳細に説明する。なお、各図において、共通な機能を有する部分には同一符号を付して、その重複する説明を省略する。

【0025】

図5を用いて、本発明の一実施例を説明する。図5は、図4の説明図とほぼ同様で、測定位置を間引いていることを説明するための図である。

被検査対象物である基板12は、同一の基板であっても、検査装置10の外から搬入されステージ11上に載置され固定される都度、異なる位置、異なる水平角度、異なるそり状態となる。従って、基板12は、搬入されステージ11上に載置され固定される都度、測定位置毎に、再度、水平方向、高さ方向の位置ずれの補正が必要となっていた。更に、50

X 軸ステージ、Y 軸ステージ、光学ヘッド、等を移動させるためには、駆動機構が必要であって、駆動機構で使用するモータ等の発熱によって、検査装置内に不均一な熱分布による熱膨張が発生し、X 軸ステージ、Y 軸ステージ、光学ヘッド、等の移動位置に微妙なずれが発生し、基板 12 の位置が時間的にばらつくことになって、更に複雑な補正が必要になっていた。

本願発明は、基板搬入の都度若しくは基板の検査の都度、測定位置での水平方向と高さ方向の調整ができるだけ省き、これによって測定時間を短くし、測定時間の短縮によって、駆動機構の発熱による X 軸ステージ、Y 軸ステージ、光学ヘッド、等の移動位置のずれができるだけ小さくするものである。

【0026】

基板 12 の測定点（測定位置）が多数ある場合には、図 4 に示したように、すべての測定位置について測定せず、図 5 に示したように、間引きをして高さ方向の傾向を把握する。例えば、図 5 では、パターン 41-1、41-15、41-30、41-31、41-45、41-60、41-61、41-75、及び、41-90 を、X ステージ 15 若しくは Y ステージ移動 14 の少なくとも一方を駆動して、次々と光学ヘッド 13 を移動させる。そして移動しながら、それぞれのパターンとしてプログラムに登録された位置において、画像を撮像して位置補正を行う。即ち、パターン 41-1、41-15、41-30、41-31、41-45、41-60、41-61、41-75、及び、41-90 を測定し、基板 12 の高さ方向の傾向を把握する。

【0027】

その後、測定位置全点を測定する。全数測定の際、先に求めた高さ方向の傾向を元に、各測定点での高さ方向の補間を行う。上述の間引いた測定位置でのフォーカス設定では、フォーカスエリアを光学ヘッドが高さ方向に移動可能な全範囲内に上下に移動させ、適切な高さを定める。このため、移動範囲が広くかつサンプリング回数（フォーカスが合焦点かどうかの判定に使用するサンプル数）も多いので、フォーカス設定の時間が長い。

しかし、この全数検査での高さ方向フォーカス設定には、フォーカスエリアを $\pm 15 \mu m$ とした時に、1 点のフォーカス時間は、1.5 [s] となる。

これにより、フォーカスエリアを小さくして、移動時間の短縮とサンプリング回数の低減が可能となるため、測定時間の短縮ができるので、タクトタイムの短縮につながる。

図 5 の実施例は内挿補間の実施例である。しかし、本発明は、内挿補間だけでなく、外挿補間でも良く、また、測定位置によっては内挿補間若しくは外挿補間のどちらか最適な補間を選択することができる。

【0028】

図 6 を用いて、本発明の焦点位置（高さ方向）の補間の一実施例を説明する。図 6 は、本発明により高さ方向の内挿補間（2 点間の内挿）を行う場合の補間値を求める実施例を説明するための図である。

先ず、間引いて測定した測定点の X 座標を X_k 、及び $X(k+i)$ とし、それらの位置で測定した測定点の高さ方向の座標を H_k 、及び $H(k+i)$ とする。

そして、全数測定時の任意測定点（間引かれた任意の測定点）の X 座標を X_p とし、その位置の測定点での高さ方向の座標（フォーカス移動位置）を H_p を次式により求める。

$$H_p = ((H(k+i) - H_k) \times (X_p - X_k)) / (X(k+i) - X_k) + H_k$$

上記のようにして算出した高さ方向の座標 H_p に対し、 $\pm 15 \mu m$ のフォーカスエリアを設定することにより 1 点のフォーカス時間が 1.5 [s] から 1.0 [s] に短縮できる。

【0029】

従って、図 5 の基板 12 の実施例では、トータルのフォーカス時間 F_t は、135 [s] 秒から 94.5 [s] になる。測定時間 M_t も 450 [s] から 409.5 [s] となり、40.5 [s] 短縮される。即ち、全測定位置数（測定点数）が 90 で、間引いた測定点数が 81、フォーカス測定の測定点数が 9 点であるから、

$$F_t = \text{フォーカス測定時間} \times \text{フォーカス測定点数} + \text{フォーカス算出時間} \times \text{フォーカス測}$$

10

20

30

40

50

定を間引いた測定点数

$$\begin{aligned} &= 1.5 [\text{s}] \times 9 [\text{点}] + 1.0 [\text{s}] \times 81 \\ &= 94.5 [\text{s}] \end{aligned}$$

$M_t = 1$ 点あたりの測定時間 × フォーカス測定点数 + 補間の場合の測定時間 × フォーカス測定を間引いた測定点数

$$\begin{aligned} &= 5 [\text{s}] \times 9 [\text{点}] + (5 - 0.5) [\text{s}] \times 81 [\text{点}] \\ &= 409.5 [\text{s}] \end{aligned}$$

【0030】

上記実施例では、高さ位置を補間によって算出した場合のフォーカスエリアを小さく設定することによって、測定時間を短縮した。このフォーカスエリアをより小さく設定でき、光学ヘッドの焦点深度内まで絞り込むことができれば、補間した高さで測定可能となる、即ち合焦点動作を省略して測定可能となるので、更に測定時間を短縮できる。また、間引く数、即ち合焦点高さデータを取得する測定位置の数の全測定位置に対する割合が多ければ、フォーカスエリアを更に小さくできる。

なお、本発明の実施例では、一般的技術なので特に述べなかったが、合焦点の具体的な処理方法については、例えば、特開2003-98425号公報、特開2004-226994号公報、特開2007-140087号公報、等に開示されている。

【0031】

本発明の検査装置の一実施例の構成をによって説明する。図7は、本発明の検査装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

図7に示すように、線幅測定装置700は、主に、カメラ、光学顕微鏡、及び対物レンズ721を含む光学ヘッド713、基板712を載置するステージ711、フレームグラバ(FG)724、調光器723、光源722、制御部746、モニタ725、X軸レール716、X軸ステージ715、Y軸ステージ714、ステージ駆動部726、及び、ステージ711を搭載する台座717で構成される。

また制御部746は、画像取込・表示部761、画像記憶部762、及びCPU(Central Processing Unit)763から成っている。更に、光学ヘッド713は、複数の倍率の対物レンズ721を図示しないレンズリボルバー機構を制御部746から制御することによって所望の倍率の対物レンズに切替制御し、光学ヘッド713のカメラが撮像する被測定対象物712の所望のエリアの拡大率を変更する。

なお、制御部746は、PC(Personal Computer)であっても良い。

また、光学ヘッドに用いるカメラには、固体撮像素子を使ったカメラ等があるが、特にそれに限ることは無く、画像処理に必要な画像を撮像することができるイメージセンサであれば良い。

【0032】

また、ステージ711には、被検査対象物(基板712)が被写体として載置され、固定されている。台座717は、ステージ711を、Y方向(図面上の左右方向)とX方向(図面上の奥行き方向)に移動させる水平移動機構とZ方向(高さ方向)に移動させる高さ移動機構を備え、制御部746の制御によって基板712の所望の部分の画像を撮像することができる。

ステージ711は、例えば、基板712を固定するための吸着板であり、制御部746の制御によって、基板の搬入及び固定、並びに搬出を可能とする。X軸レール716、X軸ステージ15、Y軸ステージ14、及び光学ヘッド13は、制御部746に結合されたステージ駆動部726の制御によって、それぞれ、基板712のX方向、Y方向、Z方向に対して位置制御される。

【0033】

図7において、制御部746は、CPU763に登録された処理プログラムに従って、検査装置の各構成要素を制御する。

光源722からの光は、調光器723介して光学ヘッド713の光学顕微鏡に出力される。調光器723は、制御部746から制御されて光量を調整し、光学顕微鏡に光量の調

10

20

30

40

50

整された光を出力する。例えば、調光器 723 は、画像のピーク値か平均値を画像レベルの最大値になるように、光量を調整する。そして、調光器 723 から入力された光は、光学顕微鏡を通して基板 712 に照射され、基板 712 は光を照射されたことによって反射光を出力し、出力された反射光は、光学ヘッド 713 の光学顕微鏡を通じてカメラに入射する。

光学ヘッド 713 のカメラは、入射された光を電気信号に変換して、変換した画像信号データを F G 724 に出力する。F G 724 は、画像データを制御部 746 に出力する画像入力ボードである。

【 0034 】

上述のように、カメラが撮影した被検査対象物（基板 712）の検査対象エリアの拡大画像は、画像信号として制御部 746 に供給され、制御部 746 内の画像取込・表示部 761 に入力される。この制御部 746 には、更に、画像記憶部 762 と、所定のプログラムが格納された C P U 763 がある。10

画像記憶部 762 は、画像、及び計算用のデータを記憶するのに使用され、システム全体の動作に必要な制御は、C P U 763 により実行される。

制御部 746 のプログラムは、この画像信号に画像処理を施すことにより、L C D 基板のパターン線幅などを測定し、その結果をモニタ 725 に出力する。

【 0035 】

次に、図 8 と図 7 によって、上述のようなフォーカス測定時間の短縮を行う測定の一実施例の動作手順を説明する。図 8 は、本発明の検査装置の測定手順の一実施例を説明するためのフローチャートである。被測定対象物である基板 712 が検査装置 700 上のステージ 711 に載置されて、基板 712 の測定が開始されると、制御部 746 の制御により、線幅測定装置 700 の各構成要素が駆動されることにより、ステップ 801 ~ 805 の処理動作を実行する。20

図 8において、初期化ステップ 801 では、ステージ駆動部 726 の制御により、X ステージ 715 及び Y ステージ 714 が移動し、原点 (0, 0) に光学ヘッド 713 が移動する。かつ、駆動部 726 の制御により、光学ヘッド 713 は、高さ方向に移動可能な一番上まで移動する。

【 0036 】

次に、間引き測定ステップ 802 では、全測定位置のうち、間引き測定することになっている測定位置にそれぞれについて、プログラムの実行順番通りに、測定位置まで、光学ヘッド 713 を移動させ、フォーカス値を定める。即ち、間引いた測定位置でのフォーカス設定では、フォーカスエリアを光学ヘッドが高さ方向に移動可能な全範囲内に上下に移動させ、適切な高さを定める。そして、図 3 によって説明したような画像処理によって、各測定位置でのパターンの位置ずれ量を算出する。更に、この測定位置でのパターン寸法の測定を行う。30

なお、間引き測定する測定位置、及び間引き測定する測定位置は、被測定対象物の検査を実行するためのプログラムを作成するときに定められる。

次に、ステップ 803 では、間引き測定する測定位置がすべて測定を終了したか否かを判定し、終了していればステップ 804 に進み、終了していないければ、ステップ 802 に戻り処理を繰り返す。40

【 0037 】

次に、全数測定ステップ 804 では、間引き測定ステップ 802 で測定しなかった測定位置について、プログラムの順番通りで、光学ヘッド 713 を水平 (X Y) 方向に移動する。そして、間引き測定の時に取得した高さデータから補間を行い、補間値プラスマイナス (±) 15 [μm] の範囲内で、フォーカスエリアを光学ヘッドが高さ方向に上下移動させ、適切な高さを定める。

次に、図 3 によって説明したような画像処理によって、各測定位置でのパターンの位置ずれ量を算出して水平方向の位置補正を行ってから、この測定位置でのパターン寸法の測定を行う。50

次にステップ 805 では、全ての測定位置について測定が終了したか否かを判定し、終了していなければ、ステップ 804 を繰り返し、終了していれば、検査を終了する。

【0038】

なお、図 8 の実施例では、間引き測定ステップ 802 で、位置ずれ補正の他、画像処理のための画像を取得して寸法測定を行った。しかし、全数測定ステップ 804 で、画像処理によって寸法測定を行っても良い。

【0039】

次に、上述の実施例では、全数測定では、フォーカス値の補間（高さ方向の位置の補間）を行った。しかし、水平（XY）方向の位置座標についても、同様の補間が可能である。以下、図 9 と図 10 を用いて、その実施例について説明する。図 9 は、本発明の水平位置座標の補間方法の一実施例を説明するための図である。また、図 10 は、以下において説明する測定位置 Ph0 での重み付けの計算について表形式で表した具体的な例を示す図である。10

即ち、図 9 の実施例では、水平方向についても、図 5 で示した間引き測定した測定位置（測定点）41-1、41-15、41-30、41-31、41-45、41-60、41-61、41-75、41-90 の座標を元に、他の測定位置（この実施例では、測定位置 Ph0 で代表している）の XY 方向の補間を行い X 座標と Y 座標の重み付けを行うことにより、熱変化に伴うズレ（ずれ）を補正するものである。

【0040】

図 9 及び図 10 の重み付けの方法を、図 11 を参照しながら更に詳細に説明する。図 11 は、重み付けを具体的に実行して測定する手順を説明するためのフローチャートである。ここで、説明する処理は、例えば、図 8 で説明した全数測定ステップ 804 として実行される。20

ステップ 1101 では、補正テーブルのうち、測定位置 Ph0 を囲む 4 点 Ph1、Ph2、Ph3、Ph4 を決定する。

即ち、間引き測定した測定位置 41-1、41-15、41-30、41-31、41-45、41-60、41-61、41-75、41-90 の X 座標と Y 座標と、測定位置 Ph0 の X 座標（Xp）と Y 座標（Yp）と比較する。

まず、Xp より小さく Xp に一番近い X 座標にある間引き測定した測定位置の点で、かつ、Yp より小さく Yp に一番近い Y 座標にある間引き測定した測定位置の点を持つ間引き測定した測定位置を Ph1 (Xk, Yk) とする。30

次に、Xp より小さく Xp に一番近い X 座標にある間引き測定した測定位置の点で、かつ、Yp より大きく Yp に一番近い Y 座標にある間引き測定した測定位置の点を持つ間引き測定した測定位置を Ph2 (Xk, Yk+1) とする。

次に、Xp より大きく Xp に一番近い X 座標にある間引き測定した測定位置の点で、かつ、Yp より小さく Yp に一番近い Y 座標にある間引き測定した測定位置の点を持つ間引き測定した測定位置を Ph3 (Xk+1, Yk) とする。

最後に、Xp より大きく Xp に一番近い X 座標にある間引き測定した測定位置の点で、かつ、Yp より大きく Yp に一番近い Y 座標にある間引き測定した測定位置の点を持つ間引き測定した測定位置を Ph4 (Xk+1, Yk+1) とする。40

なお、Ph1 ~ Ph4 を求める順番は、本ステップでも他のステップでも特に問題ではない。これは、X 座標と Y 座標でも同様である。

【0041】

ステップ 1102 では、算出した間引き測定した測定位置 4 点 Ph1 ~ Ph4 それぞれと Ph0 間の距離 R (R1 ~ R4) を算出する。

ステップ 1103 では、距離に反比例した加重平均を行う。このため、ステップ 1102 で算出した距離 R の逆数 (1/R) をそれぞれ算出する。

ステップ 1104 では、：ステップ 1103 でそれぞれ算出した 4 点の距離の逆数 (1/R) の総和 SUM (1/R) を算出する。

なお、図 10 中の比率 [%] は、距離に反比例した平均の重み付け（参考値）である。

50

ステップ1105では、上記4点P_{h1}～P_{h4}それぞれに対して、X座標とY座標それぞれについて、補正值×(1/R)を算出する。

ステップ1106では、ステップ1105でそれぞれ算出した補正值×(1/R)を、X座標とY座標それぞれについて、総和を算出し、総和をステップ1104で算出したSUM(1/R)で割る。

【0042】

ステップ1107では、ステップ1106で算出した補正值に基づいて、測定位置を補正する。

ステップ1108では、補正された測定位置に光学ヘッドを移動する。

ステップ1109では、画像を取得して画像処理によって線幅測定等の測定を行う。

そして、例えば、図8のステップ805に進む。

【0043】

なお、上記実施例では、測定位置の移動順序は、先ずX軸方向に略平行に移動し、その後Y軸方向に移動して、更にX軸方向に略平行に移動している。しかし、これに限らないことは勿論である。

また、上記実施例では、ガントリー形式のXY軸移動ステージを用いたが、この実施例に限るものではないことは言うまでもない。

また更に、上記実施例では、高さ補正では2点間の補間、位置補正では4点での補間で説明した。しかし、補間するデータの数は、これに限らず、いくつでも良いことは勿論のこと、線形補間の他、非線形補間でも良いことは自明である。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】従来の線幅測定装置の概略を示す斜視図。

【図2】従来の線幅測定装置を上方向から見た図。

【図3】位置ずれ量を検出するためのパターンの一例を示す図。

【図4】基板上に配設されたパターン(測定位置)を示す図。

【図5】本発明の一実施例の測定位置を説明するための図。

【図6】本発明により高さ方向の補間を行う場合の補間値を求める一実施例を説明するための図。

【図7】本発明の検査装置の一実施例の構成を示すブロック図。

【図8】本発明の検査装置の測定手順の一実施例を説明するためのフローチャート。

【図9】本発明の水平位置座標の補間方法の一実施例を説明するための図。

【図10】本発明の補間方法において、測定位置での重み付けの計算について表形式で表した具体的な実施例を示す図。

【図11】本発明の一実施例の処理動作を説明するためのフローチャート。

【符号の説明】

【0045】

10：線幅測定装置、11：ステージ、12：基板、13：光学ヘッド、14：Y軸ステージ、15：X軸ステージ、16：X軸レール、17：定盤、21：レーザ干渉計、22-1：LXAターゲットミラー、22-2：LXBターゲットミラー、23：LYターゲットミラー、24-2, 25：反射ミラー、24-1, 26：ハーフミラー、27-1～27-4, 28-1, 28-2, 29：光路、700：線幅測定装置、711：ステージ、712：基板、713：光学ヘッド、714：Y軸ステージ、715：X軸ステージ、716：X軸レール、717：台座、721：対物レンズ、722：光源、723：調光器、724：フレームグラバ(FG)、725：モニタ、726：ステージ駆動部、746：制御部、761：画像取込・表示部、762：画像記憶部、763：CPU。

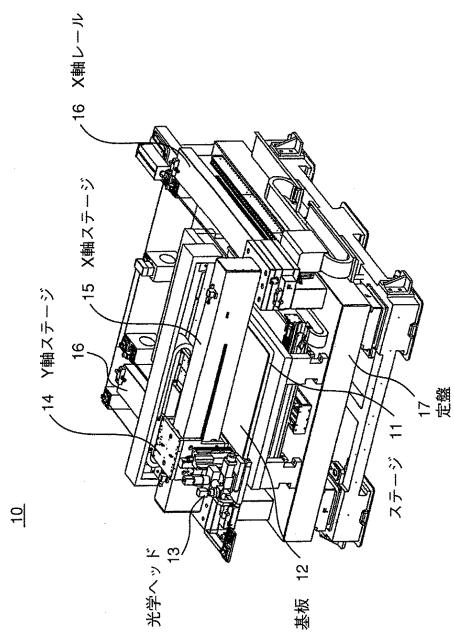
10

20

30

40

【図1】



1

【図2】

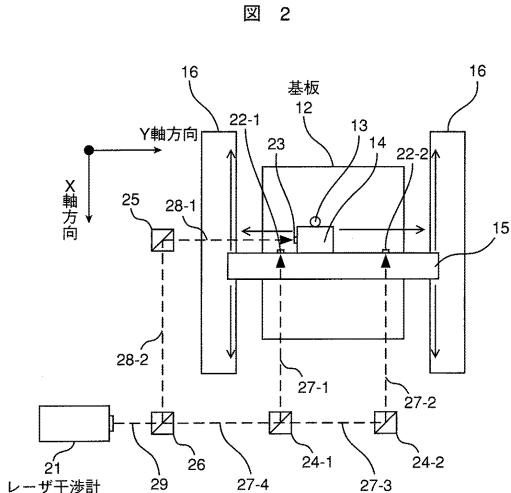
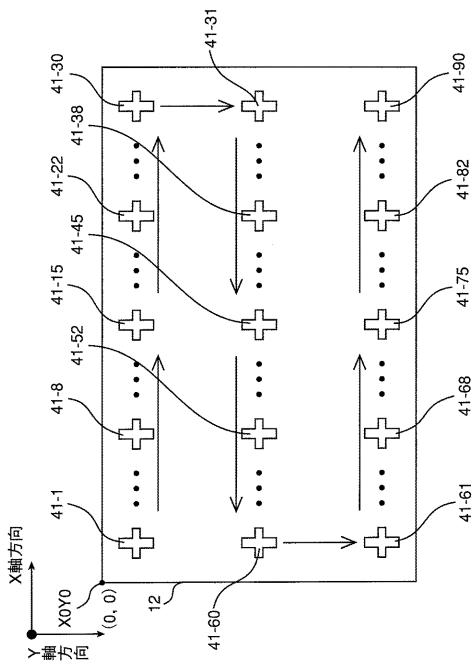


図 2

【 四 4 】



4

(义 3)

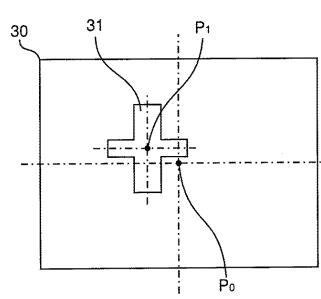
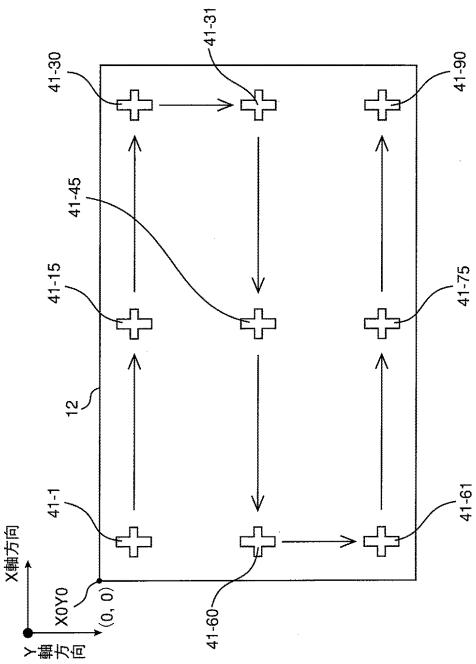


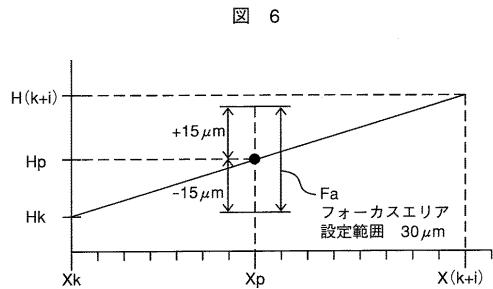
图 3

〔図5〕

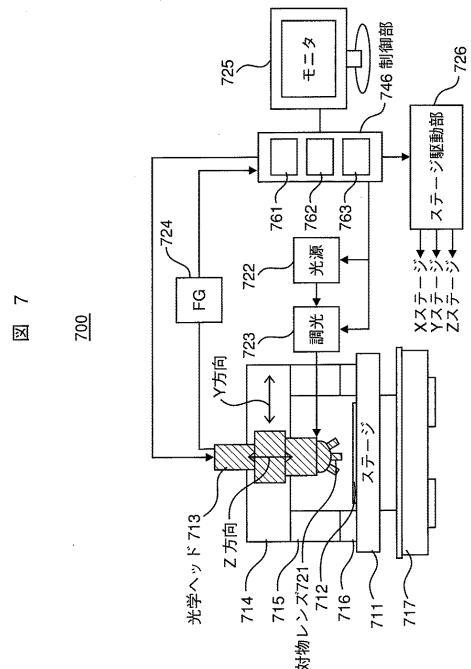


5

【図 6】

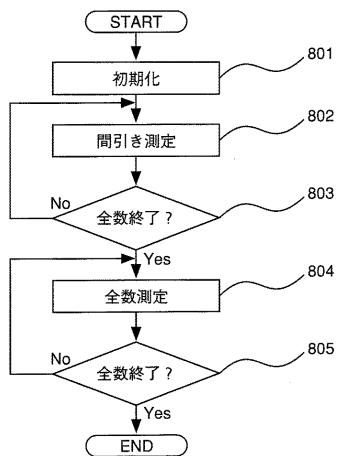


【図 7】



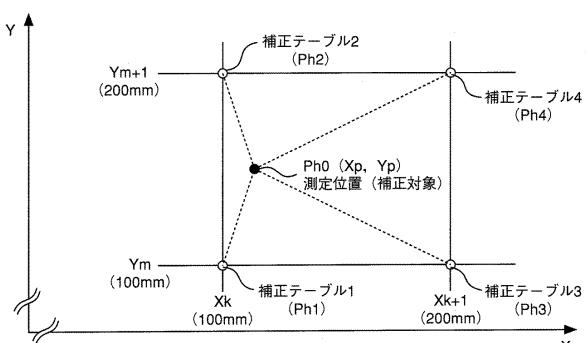
【図 8】

図 8



【図 9】

図 9



【図 10】

図 10

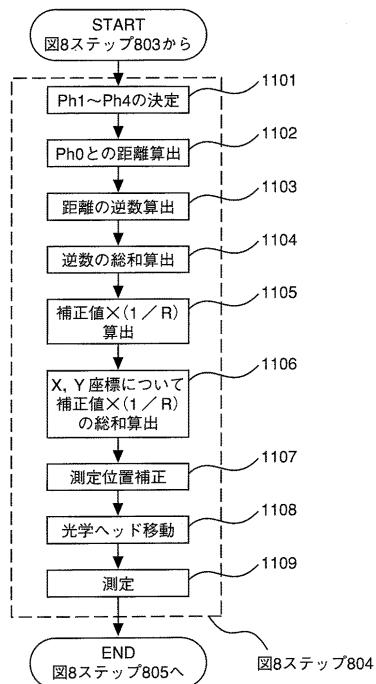
測定位置 (補正対象)							測定位置 (との距離)		比率 (%)		(補正値) \times (1/R)	
X座標	Y座標	補正値 X	補正値 Y	R	[測定位置] (との距離)	1/R	0.02258	38.28227	0.022710	0.01957	0.04447	
補正データーブル ₁	100	100	1.00	1.20	44.28318	0.02258	38.28227	0.02258	0.022710			
補正データーブル ₂	200	100	1.10	2.50	56.28277	0.01779	30.15256	0.01779	0.01957			
補正データーブル ₃	200	100	1.80	1.10	104.69479	0.00945	16.19241	0.01719	0.01719			
補正データーブル ₄	200	200	2.00	2.70	110.27692	0.00907	15.37276	0.01814	0.02448			
合計						0.05895	0.000000	1.31342	1.80638			

参考値～距離に反比例した重み付け
ステップ1104

参考値～距離に反比例した重み付け
ステップ1106

【図 11】

図 11



フロントページの続き

審査官 須中 栄治

(56)参考文献 特開2002-228411(JP,A)
特開2006-179532(JP,A)
特開2004-294358(JP,A)
特開2004-347521(JP,A)
特開2007-121981(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B11/00-11/30
G01C3/00-3/32
G02B7/09;7/28-7/40
H01L21/64-21/66