

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4771871号
(P4771871)

(45) 発行日 平成23年9月14日 (2011.9.14)

(24) 登録日 平成23年7月1日 (2011.7.1)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 21/956 (2006.01)

GO 1 N 21/956 A

GO 3 F 1/08 (2006.01)

GO 3 F 1/08 S

HO 1 L 21/027 (2006.01)

HO 1 L 21/30 5 O 2 V

請求項の数 20 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2006-166409 (P2006-166409)
 (22) 出願日 平成18年6月15日 (2006.6.15)
 (65) 公開番号 特開2007-333590 (P2007-333590A)
 (43) 公開日 平成19年12月27日 (2007.12.27)
 審査請求日 平成20年11月7日 (2008.11.7)

(73) 特許権者 000113263
 HOYA株式会社
 東京都新宿区中落合2丁目7番5号
 (74) 代理人 100091362
 弁理士 阿仁屋 節雄
 (74) 代理人 100090136
 弁理士 油井 透
 (74) 代理人 100105256
 弁理士 清野 仁
 (72) 発明者 山口 昇
 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 HO
 YA株式会社内
 審査官 越柴 洋哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン欠陥検査方法、パターン欠陥検査用テストパターン基板、及びパターン欠陥検査装置、並びにフォトマスクの製造方法、及び表示デバイス用基板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

単位パターンが周期的に配列された繰り返しパターンを備えた被検査体の、前記繰り返しパターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査方法であって、

テスト用単位パターンが、前記繰り返しパターンとは異なる周期で周期的に配列されたテストパターンと、前記繰り返しパターンとを重ね合わせることでにより重ね合わせパターンを形成する工程と、

前記重ね合わせパターンに所定の入射角で光を照射する工程と、

前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する工程と、

を備えることを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のパターン欠陥検査方法であって、

前記重ね合わせパターンを形成する工程は、透明支持体の一主面に形成された前記テストパターンと、他の透明支持体の一主面に形成された繰り返しパターンとを、前記テストパターンの形成面と前記繰り返しパターンの形成面とが対向するように保持することにより重ね合わせパターンを形成する

ことを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のパターン欠陥検査方法であって、

前記テストパターンの形成面と前記繰り返しパターンの形成面とを、所定の間隔をあけて実質的平行に対向させることを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のパターン欠陥検査方法であって、
前記所定の間隔とは、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 5】

単位パターンが周期的に配列された繰り返しパターンを備えた被検査体の、前記繰り返しパターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査方法であって、

テスト用単位パターンが周期的に配列されたテストパターンに、所定の入射角で光を照射する工程と、

前記テストパターンを通過した透過光を前記繰り返しパターン上に結像させることにより、重ね合わせパターンを形成する工程と、

前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する工程と、

を備えることを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 6】

単位パターンが周期的に配列された繰り返しパターンを備えた被検査体の、前記繰り返しパターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査方法であって、

前記繰り返しパターンに、所定の入射角で光を照射する工程と、

前記繰り返しパターンを通過した透過光を、テスト用単位パターンが周期的に配列されたテストパターン上に結像させることにより、重ね合わせパターンを形成する工程と、

前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する工程と、

を備えることを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法であって、

前記単位パターンの配列周期が、前記テスト用単位パターンの配列周期よりも大きいことを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法であって、

前記単位パターンの配列周期が、前記テスト用単位パターンの配列周期の整数倍であることを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法であって、

前記単位パターンの配列周期が $80\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $2000\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、前記テスト用単位パターンの配列周期が $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法であって、

前記重ね合わせパターンを形成する工程では、前記単位パターンの配列方向と、前記テスト用単位パターンの配列方向とが、互いに平行になるように前記重ね合わせパターンを形成する

ことを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 11】

請求項 1 から 9 のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法であって、

前記重ね合わせパターンを形成する工程では、前記単位パターンの配列方向と、前記テスト用単位パターンの配列方向とが、互いに平行ではなく、互いに直交しないように前記重ね合わせパターンを形成する

10

20

30

40

50

ことを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載のパターン欠陥検査方法であって、

前記重ね合わせパターンを形成する工程では、前記単位パターンの配列方向と、前記テストパターンの配列方向とが、 0.01 度以上 2 度以下の角度で互いに交わるように前記重ね合わせパターンを形成する

ことを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 1 3】

単位パターンが周期的に配列された繰り返しパターンを備えた被検査体の、前記繰り返しパターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査方法であって、

テスト用単位パターンが周期的に配列されたテストパターンと、前記繰り返しパターンとを、前記単位パターンの配列方向と、前記テスト用単位パターンの配列方向とが、互いに平行ではなく、互いに直交しないように重ね合わせることでにより重ね合わせパターンを形成する工程と、

前記重ね合わせパターンに所定の入射角で光を照射する工程と、

前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する工程と、

を備えることを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載のパターン欠陥検査方法であって、

前記テストパターンの形成面と前記繰り返しパターンの形成面とを、所定の間隔をあけて実質的平行に対向させる

ことを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載のパターン欠陥検査方法であって、

前記所定の間隔とは、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $30 \mu\text{m}$ 以下である

ことを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 1 6】

パターンを備えた被検査体の、前記パターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査装置であって、

テストパターンを備えたパターン欠陥検査用テストパターン基板と、前記被検査体とを所定の間隔において重ね合わせるように保持して重ね合わせパターンを形成するための保持手段と、

前記重ね合わせパターンに所定の入射角で光を照射するための照射手段と、

前記重ね合わせパターンからの回折光を観察するための撮像手段と、

を備えることを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 1 7】

パターンを備えた被検査体の、前記パターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査装置であって、

前記被検査体を保持するための保持手段と、

テストパターンに所定の入射角で光を照射し、前記テストパターンを通過した透過光を前記パターン上に結像させることにより、重ね合わせパターンを形成するための投影手段と、

前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記パターンに生じた欠陥の有無を検査するための撮像手段と、

を備えることを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 1 8】

パターンを備えた被検査体の、前記パターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査装置であって、

テストパターンを保持するための保持手段と、

前記パターンに所定の入射角で光を照射し、前記パターンを通過した透過光を前記テストパターン上に結像させることにより、重ね合わせパターンを形成するための投影手段と

、
前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する撮像手段と、

を備えることを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 19】

請求項 1 から 15 のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法を用いて、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する工程を有することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

10

【請求項 20】

請求項 19 に記載のフォトマスクの製造方法により製造されたフォトマスクを用いて画素パターンを形成し、表示デバイス用基板を製造することを特徴とする表示デバイス用基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、単位パターンが周期的に配列された繰り返しパターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査方法、パターン欠陥検査用テストパターン基板、及びパターン欠陥検査装置、並びにパターン欠陥検査方法を実施してフォトマスクを製造するフォトマスクの製造方法、及び表示デバイス用基板の製造方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

デバイス用基板、又はデバイス用基板を製造するためのフォトマスクの表面には、単位パターンが周期的に配列された繰り返しパターンが形成されるものがある。この単位パターンは、本来は規則的に配列すべきであるが、規則的に配列したパターンに、意図せずに発生した異なる規則性をもつエラーが含まれる場合がある。これはムラ欠陥とも称され、製造工程等において何らかの原因により発生する。

【0003】

例えば、表示デバイス用基板において前記欠陥が生じれば、表示ムラが発生する等の問題が生じる。また、表示デバイスを製造する際に用いられるフォトマスクに前記欠陥が生じれば、その欠陥が表示用デバイス基板に形成されるパターンに転写されてしまい、問題の影響が大きくなる。そのため、前述のデバイス用基板およびフォトマスクなどは、被検査体として、繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査される必要がある。

30

【0004】

前述の欠陥については、通常微細な欠陥が規則的に配列していることにより、個々のパターンの形状検査においては検出が困難だが、領域全体として見たときに、他の部分と異なる状態となってしまう場合がある。又は、個々の単位パターンの形状をミクロ的に検査することが可能であっても、コスト的、時間的な観点から困難である。ただし、複数の単位パターンを含む広い領域をマクロ的に観察すれば検出が容易である場合が多い。そのため、従来は、目視による斜光検査によって欠陥の有無が検査されてきた。しかしながら、目視による斜光検査は、作業者によって検査結果にばらつきが発生する等の問題があるため、目視による斜光検査の自動化が望まれていた。

40

【0005】

特許文献 1 には、目視の斜光検査を自動化するための従来技術として、半導体ウエハから製造される半導体デバイス用基板のマクロ検査装置が開示されている。この装置は、焦点のオフセット、ウエハの下面にゴミ（粒子）が存在してウエハ上下位置が変動することによるデフォーカス、及びウエハの現像／エッチング／剥離工程に起因する半導体ウエハ表面の周期的構造における表面欠陥を、ウエハ全面を単一視野に収めて検査するものである。

50

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 に開示された装置は、半導体ウエハの表面に形成される繰り返しパターンに所望の波長の光を照射する光源と、基板の表面からの回折光を受光するカメラと、このカメラによって撮影した画像データと無欠陥の基準データとを比較することによって欠陥を検出するための検出手段と、を有している。そして、繰り返しパターンからの回折光を観測し、その乱れを検出することにより、当該繰り返しパターンに発生した欠陥を検出する。

【特許文献 1】特開平 9 3 2 9 5 5 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【 0 0 0 7 】

上述の特許文献 1 の装置は、繰り返しパターンの周期がある程度以下、例えば $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下などの場合には適用可能である。例えば、周期が $2\text{ }\mu\text{m}$ 程度以下の半導体デバイスの繰り返しパターンに生じた上記欠陥や、例えば、周期が $15\text{ }\mu\text{m}$ 程度以下の半導体デバイス製造用フォトマスクの繰り返しパターンに生じた上記欠陥は検出可能である。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、特許文献 1 の装置は、例えば、液晶表示パネルなどの表示デバイス用基板や表示デバイス用基板を製造するためのフォトマスクのように、繰り返しパターンにおける単位パターンの配列周期が大きく、例えば $100\sim 1000\text{ }\mu\text{m}$ 程度である場合には、繰り返しパターンからの回折光を観測しても、欠陥の検出は困難となる。

20

【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、繰り返しパターンに生じた微細な欠陥の有無を、短時間で検査することが可能なパターン欠陥検査方法、パターン欠陥検査用テストパターン基板、及びパターン欠陥検査装置、並びにフォトマスクの製造方法、及び表示デバイス用基板の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

前記課題を解決する第 1 の発明は、単位パターンが周期的に配列された繰り返しパターンを備えた被検査体の、前記繰り返しパターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査方法であって、テスト用単位パターンが、前記繰り返しパターンとは異なる周期で周期的に配列されたテストパターンと、前記繰り返しパターンとを重ね合わせることにより重ね合わせパターンを形成する工程と、前記重ね合わせパターンに所定の入射角で光を照射する工程と、前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する工程と、を備える。

30

【 0 0 1 1 】

なお、前記課題を解決する第 1 の発明は、前記重ね合わせパターンを形成する工程が、透明支持体の一主面に形成された前記テストパターンと、他の透明支持体の一主面に形成された繰り返しパターンとを、前記テストパターンの形成面と前記繰り返しパターンの形成面とが対向するように保持することにより重ね合わせパターンを形成することが好ましく、その際、前記テストパターンの形成面と前記繰り返しパターンの形成面とを、所定の間隔をあけて実質的平行に対向させることが好ましく、さらには、前記所定の間隔が、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

40

【 0 0 1 2 】

前記課題を解決する第 2 の発明は、単位パターンが周期的に配列された繰り返しパターンを備えた被検査体の、前記繰り返しパターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査方法であって、テスト用単位パターンが周期的に配列されたテストパターンに、所定の入射角で光を照射する工程と、前記テストパターンを通過した透過光を前記繰り返しパターン上に結像させることにより、重ね合わせパターンを形成する工程と、前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する工程と、を備える。

50

【 0 0 1 3 】

前記課題を解決する第3の発明は、単位パターンが周期的に配列された繰り返しパターンを備えた被検査体の、前記繰り返しパターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査方法であって、前記繰り返しパターンに、所定の入射角で光を照射する工程と、前記繰り返しパターンを通過した透過光を、テスト用単位パターンが周期的に配列されたテストパターン上に結像させることにより、重ね合わせパターンを形成する工程と、前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する工程と、を備える。

【 0 0 1 4 】

なお、前記課題を解決する第1から3の発明は、前記単位パターンの配列周期が、前記テスト用単位パターンの配列周期よりも大きいことが好ましく、

特に、前記単位パターンの配列周期が、前記テスト用単位パターンの配列周期の整数倍であることが好ましい。

更に、前記単位パターンの配列周期が $80\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $2000\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、前記テスト用単位パターンの配列周期が $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下である場合が好ましい。

【 0 0 1 5 】

また、前記課題を解決する第1から3の発明は、前記重ね合わせパターンを形成する工程において、前記単位パターンの配列方向と、前記テスト用単位パターンの配列方向とが、互いに平行になるように前記重ね合わせパターンを形成することができる。この場合、単位パターンとテスト用単位パターンの配列方向が揃った状態で重ね合わせパターンが形成されるため、一定の検査視野内で回折光の乱れを観測しやすい点で好ましい。

【 0 0 1 6 】

また、前記課題を解決する第1から3の発明は、前記重ね合わせパターンを形成する工程において、前記単位パターンの配列方向と、前記テスト用単位パターンの配列方向とが、互いに平行ではなく、互いに直交しないように前記重ね合わせパターンを形成してもよい。このようにすると、単位パターンとテスト用単位パターンの配列方向を平行とするための相対位置合わせの困難が軽減される点で好ましい。

なお、この場合、前記単位パターンの配列方向と、前記テストパターンの配列方向とが、 0.01 度以上 2 度以下の角度で互いに交わるように前記重ね合わせパターンを形成することが、欠陥のを見つけやすさの点で好ましい。

【 0 0 1 7 】

前記課題を解決する第4の発明は、単位パターンが周期的に配列された繰り返しパターンを備えた被検査体の、前記繰り返しパターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査方法であって、テスト用単位パターンが周期的に配列されたテストパターンと、前記繰り返しパターンとを、前記単位パターンの配列方向と、前記テスト用単位パターンの配列方向とが、互いに平行ではなく、互いに直交しないように重ね合わせることににより重ね合わせパターンを形成する工程と、前記重ね合わせパターンに所定の入射角で光を照射する工程と、前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する工程と、を備える。

【 0 0 1 8 】

前記課題を解決する第4の発明は、前記テストパターンの形成面と前記繰り返しパターンの形成面とを、所定の間隔をあけて実質的平行に対向させることが好ましく、さらには、前記所定の間隔が、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

前記課題を解決する第5の発明は、透明基板と、前記透明基板の主表面上にテスト用単位パターンが周期的に配列されたテストパターンとを備え、前記テスト用単位パターンの配列周期は $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、前記テスト用単位パターンの線幅のばらつき、及び線位置のばらつきは、ともに 30 nm 以下であるパターン欠陥検査用テストパターン基板である。

【 0 0 2 0 】

前記課題を解決する第6の発明は、パターンを備えた被検査体の、前記パターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査装置であって、テストパターンを備えたパターン欠陥検査用テストパターン基板と、前記被検査体とを所定の間隔をおいて重ね合わせるように保持して重ね合わせパターンを形成するための保持手段と、前記重ね合わせパターンに所定の入射角で光を照射するための照射手段と、前記重ね合わせパターンからの回折光を観察するための撮像手段と、を備える。

【0021】

前記課題を解決する第7の発明は、パターンを備えた被検査体の、前記パターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査装置であって、前記被検査体を保持するための保持手段と、テストパターンに所定の入射角で光を照射し、前記テストパターンを通過した透過光を前記パターン上に結像させることにより、重ね合わせパターンを形成するための投影手段と、前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記パターンに生じた欠陥の有無を検査するための撮像手段と、を備える。

10

【0022】

前記課題を解決する第8の発明は、パターンを備えた被検査体の、前記パターンに生じた欠陥を検査するためのパターン欠陥検査装置であって、テストパターンを保持するための保持手段と、前記パターンに所定の入射角で光を照射し、前記パターンを通過した透過光を前記テストパターン上に結像させることにより、重ね合わせパターンを形成するための投影手段と、前記重ね合わせパターンからの回折光を観察することにより、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する撮像手段と、を備える。

20

【0023】

前記課題を解決する第9の発明は、第1から第8の発明に記載のパターン欠陥検査方法、パターン欠陥検査用テストパターン基板、またはパターン欠陥検査装置を用いて、前記繰り返しパターンに生じた欠陥の有無を検査する工程を有するフォトマスクの製造方法である。

【0024】

前記課題を解決する第10の発明は、第9の発明に記載のフォトマスクの製造方法により製造されたフォトマスクを用いて画素パターンを形成し、表示デバイス用基板を製造する表示デバイス用基板の製造方法である。

【発明の効果】

30

【0025】

本発明によれば、繰り返しパターンに生じた微細な欠陥の有無を、短時間で検査することが可能なパターン欠陥検査方法、パターン欠陥検査用テストパターン基板、及びパターン欠陥検査装置、並びにフォトマスクの製造方法、及び表示デバイス用基板の製造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】

【0026】

以下、本発明を実施するための最良の形態を、図面を参照しながら説明する。

参照する図面において、図1は、本発明にかかるパターン欠陥検査方法における第1の実施の形態を説明する図であり、(a)は第1の実施の形態を実施するためのパターン欠陥検査装置の概略側面図を示し、(b)はパターン欠陥検査用テストパターン基板が備えるテストパターンの部分拡大図を示し、(c)は被検査体が備える繰り返しパターンの部分拡大図を示す。

40

また、図5は、繰り返しパターンとテストパターンとを重ね合わせた重ね合わせパターン、重ね合わせパターンからの回折光、及び欠陥の検出結果の説明図であり、(a)はテストパターンと正常な繰り返しパターンとによる重ね合わせパターンの部分拡大図を示し、(b)はテストパターンと欠陥を含む繰り返しパターンとによる重ね合わせパターンの部分拡大図を示し、(c)は重ね合わせパターンから得られる回折光の撮影結果を示し、(d)は回折光の撮影結果を用いた欠陥の検出結果を示す。

そして、図9は、被検査体が備える繰り返しパターンに生じた欠陥を示し、(a)及び

50

(b)は座標位置変動系の欠陥(位置ずれ欠陥)を示し、(c)及び(d)は寸法変動系の欠陥(線幅欠陥)を示す。

なお、図2から図4は、それぞれ、本発明にかかるパターン欠陥検査方法における第2から第4の実施の形態を実施するためのパターン欠陥検査装置の概略側面図を示す。

【0027】

[A]第1の実施の形態

以下に、(1)第1の実施の形態のパターン欠陥検査方法において検査対象となる被検査体の構成、及び(2)パターン欠陥検査方法で用いるパターン欠陥検査用テストパターン基板の構成について説明する。続いて、(3)パターン欠陥検査装置の構成について説明し、最後に、(4)パターン欠陥検査装置を用いたパターン欠陥検査方法について説明

10

【0028】

(1)被検査体の構成

まず、被検査体の構成について、図1(c)、図9、図10を用いて説明する。

【0029】

第1の実施の形態のパターン欠陥検査方法では、例えば、図10に示すようなフォトマスク50を被検査体とする。フォトマスク50は、例えば、液晶表示装置(特に、Flat Panel Display:FPD)、プラズマ表示装置、EL表示装置、LED表示装置、DMD表示装置などの表示デバイス用基板を製造する際の露光用マスクとして用いられる。これら表示装置用のフォトマスク50は、例えば、辺L1又はL2が1mを

20

【0030】

被検査体としてのフォトマスク50は、透明支持体としての透明基板57の主表面上に、薄膜(遮光膜)からなる繰り返しパターン56を備えている。

【0031】

透明基板57の材料としては、例えば、合成石英ガラス基板などが用いられる。また、繰り返しパターン56を構成する薄膜の材料としては、例えばクロムなどの遮光性を有する材料や、半透光性の材料が用いられる。なお、薄膜は、単層に限らず積層として構成されてもよく、その場合、遮光膜以外に半透光性の膜を伴ってもよく、また、エッチングストップパなどの機能性の膜を伴ってもよい。なお、上記薄膜上にレジスト膜を伴ったもので

30

【0032】

繰り返しパターン56は、例えば、図1(c)に示すとおり、格子状の単位パターン53が周期的に配列された形状を有している。単位パターン53の配列周期D1、すなわち単位パターン53の配列方向における配列の周期は、例えば80~2000μmに設定されている。

【0033】

続いて、繰り返しパターン56に生じる欠陥について、フォトマスク50の製造方法を交えながら説明する。

【0034】

フォトマスク50の製造は、多くの場合、以下の(1)から(5)の工程を経て行う。(1)まず、透明基板57上に薄膜(遮光膜)を形成し、この薄膜上にレジスト膜を形成する。(2)次に、描画機を用いて前記レジスト膜にレーザなどの光を照射し、例えばラスタ描画方式等、任意の描画方式を用いて描画を施し、所定のパターンを露光する。(3)次に、現像を行い、描画部又は非描画部を選択的に除去してレジストパターンを形成する。(4)その後、レジストパターンをマスクして上記薄膜をエッチングし、この薄膜に繰り返しパターン56を形成する。(5)最後に、残存レジストを除去し、図9に示すフォトマスク50の製造を完了する。なお、多層膜の場合には、膜の材料に応じた追加工程を設けることができる。

40

【0035】

50

ここで、例えば、上述の(2)の工程において、レーザ光の走査精度が不意に悪化したり、又はビーム径が不意に変動したり、又は環境要因の変動などにより、繰り返しパターン56に欠陥が発生する場合がある。その他、種々の原因で規則性のあるパターン欠陥が生じることがある。

【0036】

この欠陥の一例を図9に示す。この図9では、欠陥領域を符号54で示す。

図9(a)は、ビームによる描画の繋ぎ目に位置ずれが発生することによって、単位パターン53の配列周期 D_1' が部分的に広がってしまう欠陥を示す。図9(b)は、同じく、ビームによる描画の繋ぎ目に位置ずれが発生することによって、単位パターン53'の位置が、他の単位パターン53に対して相対的にずれてしまう欠陥を示す。これらの図9(a)及び(b)に示す欠陥を、座標位置変動系の欠陥と称する。

10

【0037】

また、図9(c)及び(d)は、描画機のビーム強度がばらつくこと等によって、単位パターン53'の大きさ、すなわち格子枠53a'の幅が変動する欠陥を示す。これらの図9(c)及び(d)に示す欠陥を、寸法変動系の欠陥と称する。

【0038】

(2) パターン欠陥検査用テストパターン基板の構成

続いて、第1の実施の形態で用いるパターン欠陥検査用テストパターン基板の構成について、図1(b)を用いて説明する。

【0039】

20

第1の実施の形態におけるパターン欠陥検査用テストパターン基板60は、上述のフォトマスク50と同様に、透明支持体としての透明基板67の主表面上に、薄膜(遮光膜)からなるテストパターン66を備えている。透明基板67の材料は、第1の実施の形態と同様に、合成石英ガラス基板などが用いられる。また、テストパターン66を構成する薄膜の材料も、第1の実施の形態と同様に、クロムなどの遮光性を有する材料などが用いられる。

【0040】

テストパターン66は、例えば、図1(b)に示すとおり、正方形等のテスト用単位パターン63が周期的に配列された形状を有している。なお、テスト用単位パターン63の形状は、正方形に限らず、長方形であってもよく、線状であってもかまわない。

30

【0041】

テスト用単位パターン63の配列周期 D_2 、すなわち単位パターン53の配列方向における周期は、繰り返しパターンの配列周期 D_1 よりも小さいことが好ましい。テスト用単位パターン63の配列周期 D_2 は、好ましくは単位パターン53の配列周期 D_1 の $1/3$ 以下であり、より好ましくは $1/5$ 以下である。これは、テスト用単位パターンが単位パターンの周期と近似すると、後述する重ね合わせパターンの回折光の乱れを観測する視野を大きくする必要が生じ、装置の制約が生じること、及び、単位パターンがテスト用単位パターンの整数倍になりにくいことによる。特に、単位パターン53の配列周期 D_1 が $80\mu\text{m}$ 以上 $2000\mu\text{m}$ 以下である場合には、テスト用単位パターンの配列周期 D_2 は $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $50\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。このテスト用単位パターンの周期範囲は、回折光の乱れによる欠陥が観測しやすい領域である。

40

【0042】

なお、単位パターン53の配列周期 D_1 は、テスト用単位パターン63の配列周期 D_2 の整数倍であることが好ましい。後述するとおり、繰り返しパターン56とテスト用単位パターン63とを重ね合わせて重ね合わせパターン70を形成する際に、正常な各単位パターン53の枠内におけるテスト用単位パターン63の配列は、他の正常な単位パターン53における配列と同一になることから、欠陥が生じた部位の単位パターンで生じる回折光の乱れの検出が容易になるためである。

【0043】

また、テスト用単位パターン63の線幅(例えば正方形の一辺の長さ)のばらつき、及

50

び線位置（正方形の位置）のばらつきは、ともに所定値以下に制限されていることが好ましい。ここで、所定値とは30nm以下であることが好ましく、より好ましくは20nm以下である。

【0044】

（3）パターン欠陥検査装置

続いて、第1の実施の形態を実施するためのパターン欠陥検査装置10の構成について説明する。

【0045】

パターン欠陥検査装置10は、図1（a）に示すように、保持手段としてのステージ11と、ステージ11の斜め下方に設けられた照射手段としての光源装置12と、ステージ11の上方に設けられた撮像手段としての観察装置15と、を有する。なお、光源装置12は照射光学系13を備え、観察装置15は受光光学系14を備えている。

【0046】

（a）ステージ

保持手段としてのステージ11は、パターン欠陥検査用テストパターン基板60とフォトマスク50とを、テストパターン66の形成面と繰り返しパターン56の形成面とが対向するように保持する。これにより、テストパターン66と繰り返しパターン56との重ね合わせパターン70が形成される。なお、図1（a）では、フォトマスク50を下面側に保持しているが、パターン欠陥検査用テストパターン基板60を下面側に保持してもよい。

【0047】

重ね合わせパターン70には、ステージ11の斜め下方に配置される光源装置12からの照射光が照射できる必要がある。そのため、ステージ11は、例えば、フォトマスク50の外周部のみを支持するような、枠状の形状として構成される。その他、例えば、照射光に対して透明な板材で構成してもよい。

【0048】

ステージ11は、例えば、X方向及びY方向に移動可能なX-Yステージとして構成される。そして、ステージ11上に形成される重ね合わせパターン70を、観察装置15に対して相対的に移動させることにより、検査視野を移動させることができる。なお、ステージ11を移動自在としない場合には、光源装置12及び観察装置15を、ステージ11に対して移動自在としてもよい。

【0049】

（b）光源装置

照射手段としての光源装置12としては、十分な輝度（例えば照度が1万～60万Lx、好ましくは30万Lx以上）を有し、平行性が高い（平行度が2°以内）の光源を用いることが好ましい。このような条件を満足することができる光源としては、超高圧水銀ランプ、キセノンランプ、メタルハライドランプが挙げられる。

【0050】

光源装置12は、レンズを含む照射光学系13を備えている。照射光学系13は、ステージ11の支持面と光源装置12との間に配置され、光源装置12からの光線を平行化するとともに、重ね合わせパターン70の被検査箇所（すなわち観察装置15の検査視野）に対し、その斜め下方から入射角 θ で光を照射する。

【0051】

なお、図1（a）では、光源装置12と照射光学系13とを、ステージ11の支持面に対して斜め下方に配置しているが、その他、ステージ11の支持面に対して斜め上方に配置してもよい。

【0052】

（c）観察装置

撮像手段としての観察装置15としては、例えば、CCDカメラ等のカメラを用いることができる。CCDカメラは、2次元の画像を撮影するエリアカメラであり、その視野が

10

20

30

40

50

検査視野になる。ＣＣＤカメラの受光面は、ステージ１１に支持される重ね合わせパターン７０と対向するように配置される。

【００５３】

観察装置１５は、対物レンズを有する受光光学系１４を備えている。受光光学系１４は、ステージ１１上に形成された重ね合わせパターン７０からの回折光を収集し、観察装置１５の受光面に結像させる。受光光学系１４を介した観察装置１５の検査視野は、一回の検査で、例えば、一辺が１０～５０ｍｍの矩形状になるように設定される。

【００５４】

観察装置１５により撮影される回折光の画像は、表示画面（図示せず）に表示させることができることが好ましく、また、画像データとして解析装置（図示せず）へ出力できることが好ましい。

10

【００５５】

観察装置１５及び受光光学系１４は、ステージ１１の支持面に対して上方に配置される。なお、観察装置１５及び受光光学系１４を、ステージ１１の支持面に対して垂直方向に配置する場合には、ステージ１１の支持面に対して斜め方向に配置する場合と比較して、受光光学系１４の対物レンズと重ね合わせパターン７０との距離が均一となる。この場合、同一の検査視野において、均一な像を得やすく、また、デフォーカスを防ぐことが出来るため好ましい。

【００５６】

（４）パターン欠陥検査方法

20

続いて、前述のパターン欠陥検査装置１０により実施されるパターン欠陥検査方法について説明する。パターン欠陥検査方法は、（ａ）テストパターン６６と周期の異なる繰り返しパターン５６とを重ね合わせることににより、重ね合わせパターン７０を形成する工程と、（ｂ）重ね合わせパターン７０に所定の入射角で光を照射する工程と、（ｃ）重ね合わせパターン７０からの回折光を観察することにより、繰り返しパターン５６に生じた欠陥の有無を検査する工程と、を備える。以下、各工程について順に説明する。

【００５７】

（ａ）重ね合わせパターンの形成工程

まず、前述のパターン欠陥検査用テストパターン基板６０とフォトリソマスク５０とを、パターン欠陥検査装置１０のステージ１１上で保持する。この際、テストパターン６６の形成面と繰り返しパターン５６の形成面とを対向させるように保持する。これにより、テストパターン６６と繰り返しパターン５６との重ね合わせパターン７０を形成する。

30

【００５８】

ここで、単位パターン５３の配列周期Ｄ１が、テスト用単位パターン６３の配列周期Ｄ２の整数倍であり、かつ、繰り返しパターン５６及びテストパターン６６に欠陥がない場合には、各単位パターン５３の枠内におけるテスト用単位パターン６３の配列は、他の単位パターン５３における配列と同一になる。

【００５９】

図５（ａ）は、単位パターン５３の配列方向と、テスト用単位パターン６３の配列方向とを平行に保った場合における、重ね合わせパターン７０の部分拡大図である。これによれば、格子状である単位パターン５３の枠内に、正方形であるテスト用単位パターン６３が配列周期Ｄ２で繰り返し配列している。また、各単位パターン５３の格子枠５３ａと、その格子枠５３ａに隣接するテスト用単位パターン６３との間隔ｄは、他の各単位パターン５３と同一である。

40

【００６０】

一方、上記において繰り返しパターン５６が欠陥を有する場合には、各単位パターン５３の枠内におけるテスト用単位パターン６３の配列は、他の単位パターン５３における配列と異なってくる。すなわち、単位パターン５３の配列周期Ｄ１に変動が生じたり（座標位置変動系の欠陥）、単位パターン５３を構成する格子枠５３ａの幅に変動が生じたり（寸法変動系の欠陥）した場合には、欠陥が生じた単位パターン５３'における格子枠５３

50

a' と、その格子枠 53a' に隣接するテスト用単位パターン 63 との間隔 d' は、欠陥がない前述の間隔 d と異なってくる。

【0061】

図 5 (b) は、格子枠 53a' が上方へずれた場合 (座標位置変動系の欠陥) における重ね合わせパターン 70 の部分拡大図を示す。これによれば、格子枠 53a' と、それに隣接するテスト用単位パターン 63 との間隔 d' が、正常な場合の間隔 d よりも狭くなっている。

【0062】

(b) 照射工程

続いて、前述の光源装置 12 を用い、重ね合わせパターン 70 の斜め下方から光を照射する。すると、遮光性薄膜で形成された重ね合わせパターン 70 は、光源装置 12 からの入射光に対して回折格子として作用し、回折光を発生させる。

【0063】

すなわち、重ね合わせパターン 70 におけるパターン間隔 (スリット幅) が d であり、入射光の波長が λ 、入射角が i であるときには、 $d (\sin n \pm \sin i) = n \lambda$ の関係を満たすような回折角 n の方向に、 n 次の回折光が観測されることとなる。

【0064】

上述したとおり、欠陥のない重ね合わせパターン 70 では、各単位パターン 53 における前述の間隔 d は均一である。従って、上記の関係式によれば、波長 λ 、入射角 i 、回折角 n が同一である限り、各単位パターン 53 からの回折光の観測結果は均一になる。

【0065】

一方、欠陥が生じた部分の重ね合わせパターン 70 では、欠陥が生じた単位パターン 53' における前述の間隔 d' は、欠陥がない前述の間隔 d と異なる。

従って、欠陥が生じた単位パターン 53' からの回折光の観測結果は、他の正常な単位パターン 53 からの回折光の観測結果と異なる。即ち、正常な単位パターン 53 からの回折光が規則性をもって生じるのに対して、欠陥を有する単位パターンからの回折光は、上記規則性と一致しない回折光 (光強度、又はある強度を生じる位置において) を生じる。

【0066】

(c) 欠陥有無の検査工程

その後、観察装置 15 を用いて、前述の重ね合わせパターン 70 からの回折光を撮影し、撮影結果を画像データとして観察装置 15 から出力する。

【0067】

図 5 (c) は、重ね合わせパターン 70 からの回折光の撮影結果の一例を示す。黒い格子状の線は、正常な各単位パターン 53 に起因する回折光を観測したものである。ここで、図 5 (c) の中央付近を横断するように、他の部分とは強度の異なる回折光 (白い線) が観測されている。白い線が観測された位置は、単位パターン 53' の格子枠 53a' と、その格子枠 53a' に隣接するテスト用単位パターン 63 との間隔 d' が、他の場所における間隔 d とは異なるため、その部位においては、正常部位と異なった回折光が生じ、回折光の観測結果に差異が生じたことを示している。すなわち、白い線が観測された位置において、単位パターン 53 に欠陥が生じていることを意味している。

【0068】

なお、微細な欠陥は、0 次回折光 (直接光) よりも、次数の高い回折光を観察したほうが検出し易い。そのため、観察装置 15 が次数の高い n 次回折光 ($n > 0$) を受光することが出来るよう、回折角 n (観察装置 15 の設置方向)、入射光の波長 λ 、入射角 i (光源装置 12 の設置方向) の調整することが好ましい。なお、図 1 (a) では、観察装置 15 が $-n$ 次回折光を受光する様子を示す。

【0069】

また、画像解析装置 (図示しない) を用い、出力した画像データの明るさ情報を数値化した上で、例えば、各数値を閾値 (例えば正常時の数値データ) と比較することにより、欠陥を自動検出することが好ましい。

【 0 0 7 0 】

なお、上記方法以外にも、画像解析装置により明るさ情報を数値化した画像データと、該画像データを単位パターン 5 3 の配列方向に配列周期 D_1 分ずらした画像データと、を引き算することにより、欠陥発生部分の画像変化を強調して欠陥の検出を行ってもよい。図 5 (d) はその一例を示す。これによれば、欠陥発生箇所は、上記処理により一対のプラスとマイナスのピークを形成し、欠陥の検出が容易となっている。

【 0 0 7 1 】

その後、入射光の波長、光の入射角 i 、及び回折角 n を同一に保ちながら、重ね合わせパターン 7 0 をステージ 1 1 上で X - Y 方向に移動させ、重ね合わせパターン 7 0 の全域を検査し、第 1 の実施の形態にかかるパターン欠陥検査方法を終了する。

10

【 0 0 7 2 】

上記実施の形態によれば、次の効果 (1) ~ (3) を奏する。

【 0 0 7 3 】

(1) 上記実施の形態によれば、回折光を利用して繰り返しパターン 5 6 の欠陥のマクロ検査を実施することが出来るため、短時間で検査をすることが可能となり、生産性を高めることが出来る。

【 0 0 7 4 】

例えば、ハイビジョン TV 用の表示デバイス用基板は、上記表示デバイス用基板は、 1920 (垂直) $\times 1080$ (水平) = $2,073,600$ 個の単位パターン 5 3 を有することとなる。ここで、全ての単位パターン 5 3 を、仮にレーザ測長機や顕微鏡を用いてミクロ検査するものとすれば、単位パターン 1 個当たりの測定所要時間を約 10 秒とすると、全ての単位パターン 5 3 を測定するには約 240 日必要となってしまう。特に、FPD 製造用のフォトマスク 5 0 は、一枚の基板に単一のフォトマスク 5 0 の繰り返しパターン 5 6 を 2 ~ 4 面付けする場合があるので、この場合には、単位パターン 5 3 における上記欠陥検査は、更に長時間を要することになる。

20

【 0 0 7 5 】

これに対し、本実施形態では、例えば前記ハイビジョン TV 用基板の 42 V 型 (面積約 0.5 m^2) を例にとると、一辺 25 mm (但し隣接視野との重複を 1 割見込む) の正方形の検査視野を用いて回折光による上記検査を行ったとき、一回の検査時間が 2.5 秒程度であるから、40 分強の検査時間で検査を完了できることとなり、生産性が高い。

30

【 0 0 7 6 】

(2) また、本実施の形態によれば、繰り返しパターン 5 6 における単位パターン 5 3 の配列周期 D_1 が、回折光を用いた欠陥検査に適切な周期より大きい場合であっても、繰り返しパターン 5 6 にテストパターン 6 6 を重ね合わせて重ね合わせパターン 7 0 を形成し、その重ね合わせパターン 7 0 からの回折光の乱れを観測することで、繰り返しパターン 5 6 に生じた微細な欠陥を検出することが可能となる。

【 0 0 7 7 】

例えば、フォトマスク 5 0 においては、繰り返しパターン 5 6 における単位パターン 5 3 の配列周期 D_1 が大きく、例えば $100 \sim 1000\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。この場合、繰り返しパターン 5 6 による回折光を観察しても、繰り返しパターンに生じた欠陥を検出することが困難となる。

40

【 0 0 7 8 】

その原因のひとつは、繰り返しパターン 5 6 における単位パターン 5 3 の配列周期 D_1 が大きくなると、この繰り返しパターン 5 6 からの n 次回折光の n 次回折角と、 $(n+1)$ 次回折光の $(n+1)$ 次回折角との差が非常に狭くなって、繰り返しパターン 5 6 に生じた欠陥の存在を表す回折光の乱れが埋もれてしまうからである。

【 0 0 7 9 】

また、他の原因としては、繰り返しパターン 5 6 に生じる欠陥の大きさが、繰り返しパターン 5 6 における単位パターンの配列周期 D_1 と比較して小さすぎることが考えられる。例えば、フォトマスク 5 0 において、単位パターン 5 3 の配列周期 D_1 は $100 \sim 10$

50

00 μm 程度であるが、欠陥の大きさは一般的には100 nm程度であるため、その比率は0.01~0.1%と非常に小さい。そのため、繰り返しパターンによる回折光において、繰り返しパターン56の回折光からは、欠陥の存在を表す乱れを検出することは困難である。

【0080】

これに対し、本実施の形態では、単位パターン53の配列周期D1が大きい場合であっても、前述の重ね合わせパターン70を形成し、重ね合わせパターン70からの回折光の乱れを観測することにより、繰り返しパターン56に生じた微細な欠陥を検出することが可能となる。すなわち、繰り返しパターン56に生じた線幅や位置の欠陥を、重ね合わせパターン70の線幅（隙間）の異常に置き換えることにより、検出可能としている。

10

【0081】

[B] 第2、及び第3の実施の形態

第2、及び第3の実施の形態におけるパターン欠陥検査方法が、前記第1の実施の形態と異なる点は、重ね合わせパターンの形成工程である。

【0082】

第2の実施の形態における重ね合わせパターンの形成工程では、図2に示すとおり、パターン欠陥検査用テストパターン基板60とフォトリソマスク50との間に、照射光に対し透明な樹脂膜80を介して保持し、重ね合わせパターン70を形成する。

【0083】

また、第3の実施の形態における重ね合わせパターン形成工程では、図3に示すとおり、パターン欠陥検査用テストパターン基板60とフォトリソマスク50との間に、スペーサ81を介して保持することにより、重ね合わせパターン70を形成する。

20

【0084】

なお、テストパターン66の形成面と、繰り返しパターン56の形成面との距離が大きすぎると、重ね合わせパターン70として解像しにくくなり、小さすぎるとパターンが接触により損傷する懸念が生じる。そのため、重ね合わせパターン70から回折光を得るためには、テストパターン66の形成面と、繰り返しパターン56の形成面との距離は、0.2 μm 以上15 μm 以下とすることが好ましい。この範囲は、上記樹脂膜の厚みやスペーサの高さの目安として用いることができる。

【0085】

第2、及び第3の実施の形態によれば、テストパターン66と繰り返しパターン56とが直接接触することによるパターン形成面の損傷を防止することができる。

30

【0086】

[C] 第4の実施の形態

第4の実施の形態におけるパターン欠陥検査方法が、前記第1の実施の形態と異なる点は、パターン欠陥検査装置の構成、及び重ね合わせパターンの形成工程である。以下、まず、第4の実施の形態におけるパターン欠陥検査装置20の構成を説明する。その後、第4の実施の形態におけるパターン欠陥検査方法の重ね合わせパターン形成工程について説明する。

【0087】

(1) パターン欠陥検査装置

第4の実施の形態にかかるパターン欠陥検査装置20は、図4に示すように、保持手段としてのステージ21と、ステージ21の下方に設けられた投影手段としての光源装置22及び投影光学系23と、ステージ21の上方に設けられた撮像手段としての観察装置25と、を有する。なお、観察装置25は受光光学系24を備えている。

40

【0088】

保持手段としてのステージ21は、被検査基板としてのフォトリソマスク50を繰り返しパターン56の形成面が下面になるように保持する。なお、繰り返しパターン56が透明基板上に形成されている場合には、繰り返しパターン56の形成面が上面になるように保持することでも構わない。

50

ステージ 2 1 は、フォトマスク 5 0 の外周部のみを支持するように、例えば枠状の形状として構成される。なお、下方に配置される光源装置 2 2 からの投影光を繰り返しパターン 5 6 上へ照射できるよう、例えば、照射光に対して透明な材料で構成された板剤であっても構わない。

ステージ 2 1 が、X - Y ステージとして構成される点については、第 1 の実施の形態と同様である。

【 0 0 8 9 】

投影手段を構成する光源装置 2 2 は、保持部材 2 3 a に保持されるパターン欠陥検査用テストパターン基板 6 0 に光を照射する。光源装置 2 2 としては、十分な輝度（例えば照度が 1 万 ~ 6 0 万 L x、好ましくは 3 0 万 L x 以上）を有し、平行性が高い（平行度が 2 ° 以内）超高圧水銀ランプ、キセノンランプ、メタルハライドランプを用いる点は、第 1 の実施の形態と同様である。

【 0 0 9 0 】

投影手段を構成する投影光学系 2 3 は、光源装置 2 2 とステージ 2 1 の支持面との間に設置され、光源装置 2 2 から近い順に、パターン欠陥検査用テストパターン基板 6 0 を保持するための保持部材 2 3 a と、テストパターン 6 6 を通過した透過光から不要部分を遮光するためのアパーチャ 2 3 b と、アパーチャ 2 3 b を通過した透過光を受光し、繰り返しパターン 5 6 上にテストパターン 6 6 の像を結像するための結像レンズ群 2 3 c とを備える。

【 0 0 9 1 】

繰り返しパターン 5 6 上にテストパターン 6 6 の像が結像されることにより、第 1 の実施の形態と同様に重ね合わせパターン 7 0 が形成され、重ね合わせパターン 7 0 から回折光が発生する。

【 0 0 9 2 】

光源装置 2 2、及び投影光学系 2 3 は、ステージ 2 1 の支持面に対して下方に配置される。なお、光源装置 2 2、及び投影光学系 2 3 が、ステージ 2 1 の支持面に対して垂直方向に配置される場合には、投影光学系 2 3 と繰り返しパターン 5 6 との距離が均等になる。この場合、繰り返しパターン 5 6 上に投影されるテストパターン 6 6 の像を均一化させやすく、デフォーカスを防ぐことが出来るため好ましい。

【 0 0 9 3 】

撮像手段としての観察装置 2 5、及び受光光学系 2 4 は、第 1 の実施の形態と同様に構成される。ただし、第 1 の実施の形態において述べたとおり、観察装置 2 5 は、回折光のうち 0 次回折光よりも絶対値の大きな次数の回折光（n 次回折光）を受光することが好ましい。そのため、光源装置 2 2、及び投影光学系 2 3 が、ステージ 2 1 の支持面に対して垂直方向に配置される場合には、観察装置 2 5、及び受光光学系 2 4 は、ステージ 2 1 の支持面に対して、斜め上方に配置することが好ましい。

【 0 0 9 4 】

（ 2 ）パターン欠陥検査工程

続いて、前述のパターン欠陥検査装置 2 0 を用いたパターン欠陥検査方法について説明する。第 4 の実施の形態にかかるパターン欠陥検査方法は、（ a ）テスト用単位パターン 6 3 が周期的に配列されたテストパターン 6 6 に、所定の入射角で光を照射する工程と、（ b ）テストパターン 6 6 を通過した透過光を繰り返しパターン 5 6 上に結像させることにより、重ね合わせパターン 7 0 を形成する工程と、（ c ）重ね合わせパターン 7 0 からの回折光を観察することにより、繰り返しパターン 5 6 に生じた欠陥の有無を検査する工程と、を備える。以下、各工程について順に説明する。

【 0 0 9 5 】

（ a ）照射工程

まず、保持部材 2 3 a に、パターン欠陥検査用テストパターン基板 6 0 を保持する。その後、光源装置 2 2 を用い、パターン欠陥検査用テストパターン基板 6 0 に対して光を照射する。

【 0 0 9 6 】

(b) 重ね合わせパターンを形成する工程

その後、結像レンズ群 2 3 c を用いて、アパーチャ 2 3 b を通過した透過光を受光させ、繰り返しパターン 5 6 上にテストパターン 6 6 の像 6 6 ' を結像させる。

【 0 0 9 7 】

以上により、繰り返しパターン 5 6 とテストパターン 6 6 の像 6 6 ' とを重ね合わせとなる重ね合わせパターン 7 0 を形成する。なお、第 1 の実施の形態と同様に、重ね合わせパターン 7 0 からは回折光が発生する。

【 0 0 9 8 】

(c) 欠陥有無の検査工程

その後は、第 1 の実施の形態と同様に、観察装置 2 5 を用いて重ね合わせパターン 7 0 からの回折光を撮影し、その結果を画像データとして出力して、繰り返しパターン 5 6 に生じた欠陥の有無を検査する。

【 0 0 9 9 】

第 4 の実施形態によれば、テストパターン 6 6 の形成面と繰り返しパターン 5 6 の形成面とが直接接触することなく対向でき、テストパターン 6 6 と繰り返しパターン 5 6 とが接触することによるパターン形成面の損傷を防止することができる。

【 0 1 0 0 】

[D] 第 5 の実施の形態

第 5 の実施の形態におけるパターン欠陥検査方法が、前記第 4 の実施の形態と異なる点は、ステージ 2 1 に、パターン欠陥検査用テストパターン基板 6 0 を保持し、投影光学系 2 3 の保持部材 2 3 a に、フォトマスク 5 0 を保持することである。つまり、第 4 の実施の形態におけるパターン欠陥検査方法とは、フォトマスク 5 0、及びパターン欠陥検査用テストパターン基板 6 0 の保持位置が逆である。

【 0 1 0 1 】

第 5 の実施形態によれば、テストパターン 6 6 の形成面と繰り返しパターン 5 6 の形成面とが直接接触することなく対向でき、テストパターン 6 6 と繰り返しパターン 5 6 とが接触することによるパターン形成面の損傷を防止することができる。

【 0 1 0 2 】

第 5 の実施の形態によれば、単位パターン 5 3 の配列周期 D 1 は、テスト用単位パターン 6 3 の配列周期 D 2 より大きいことから、比較的容易にテストパターン 6 6 上に繰り返しパターン 5 6 の像を結像することが出来る。すなわち、投影光学系 2 3 に求められる光学性能を引き下げることが出来、これによりパターン欠陥検査装置のコストを下げる事が出来る。

【 0 1 0 3 】

[E] 第 6 の実施の形態

第 6 の実施の形態におけるパターン欠陥検査方法が、前記第 1 から第 4 の実施の形態と異なる点は、単位パターン 5 3 の配列方向と、テスト用単位パターン 6 3 の配列方向とが、互いに平行ではなく、かつ互いに直交しないように重ね合わせパターン 7 0 を形成する点にある。すなわち、かかる場合においては、単位パターン 5 3 の格子枠 5 3 a と、テスト用単位パターン 6 3 の配列方向とは、斜めに交差する。

【 0 1 0 4 】

図 7 に、重ね合わせパターン 7 0 の部分拡大図を示す。この場合、格子枠 5 3 a と、その格子枠 5 3 a に隣接するテスト用単位パターン 6 3 との間隔 d は、一定ではなく、重ね合わせパターン 7 0 上の位置によって変化する。例えば、図 7 における領域 A 1 では、格子枠 5 3 a が右下がりとなっているため、格子枠 5 3 a とテスト用単位パターン 6 3 の交差点から右に行くにつれて間隔 d の大きさは拡大する。

【 0 1 0 5 】

第 6 の実施の形態により形成される重ね合わせパターン 7 0 に光が照射された場合、前述の通り、入射光の波長が λ 、入射角が θ_i であるときには、 $d(\sin \theta_n \pm \sin \theta_i)$

10

20

30

40

50

$i) = n$ の関係を満たすような回折角 n の方向に、 n 次の回折光が観測されることとなる。

【 0 1 0 6 】

すなわち、第 6 の実施の形態により形成される重ね合わせパターン 7 0 のように、位置によって間隔 d の大きさが変化する場合、上述の関係式に基づけば、波長、入射角 i 、回折角 n が一定に保たれている限り、重ね合わせパターン 7 0 上の検査位置に応じて、観測される回折光は異なることとなる。

【 0 1 0 7 】

ここで、繰り返しパターン 5 6 を構成する単位パターン 5 3 が正常である場合、重ね合わせパターンにおける間隔 d の大きさ変化は一定の周期で繰り返すこととなる。この場合、繰り返しパターン 5 6 の各部分に生じる回折光も、一定の周期をもった繰り返しをもって観測されることとなる。

しかし、繰り返しパターン 5 6 を構成する単位パターン 5 3 に欠陥が生じた場合、欠陥部の領域 A 2 における上記間隔 d の変化は、上述の正常部とは異なることとなる。すなわち、正常部とは異なったパターンが回折光を生じさせることとなる。例えば、図 7 に実線で示された格子枠 5 3 a' は、本来は点線で示された位置に配置されるべきものであるが、実線で示された位置にずれてしまったものである（座標位置変動系の欠陥）。この場合、点線で示される領域 A 2 の本来の位置は、右側に実線で示される領域 A 2' へと移動している。従って、この欠陥部では、正常な繰り返しパターン 5 6 とは異なる回折光（異なった強度、又はある強度となる部分の異なった位置）が観測されることとなる。

【 0 1 0 8 】

上記にもとづき、一定の規則性から逸脱した回折光を生じる領域 A 2' の位置を観測することによって、領域 A 2 の位置とのずれを検出することが出来、繰り返しパターン 5 6 に生じた欠陥の有無を検査することが出来る。

【 0 1 0 9 】

図 8 は、第 6 の実施形態にかかる重ね合わせパターン 7 0 からの回折光の撮影結果の一例を示す。図 8 において左半分の黒い格子状の線は、正常な各単位パターン 5 3 を構成する格子枠 5 3 a に起因する回折光パターンである。図 8 の右半分には、他の部分とは強度の異なる回折光（白い線）が周期的に観察されている。すなわち、白い線の観測位置は、上記間隔 d の変化によって、回折光の強度が変化している領域 A 1 であることを示している。そして、図 8 の右半分における中央付近では、上述の白い線の観測位置が、他の白い線よりも右側にシフトしている。すなわち、シフトした位置に欠陥が生じたことを示している。

【 0 1 1 0 】

単位パターン 5 3 の格子枠 5 3 a と、テスト用単位パターン 6 3 の配列方向とが交差する角度 θ は、角度 θ が大きすぎれば、回折光の乱れ（上述のシフト）を狭い視野内でも確実に検出することが出来る一方で、上述のシフト量が小さくなり、検出が困難になってしまう。反対に、角度が小さすぎれば、上述のシフト量が大きくなるものの、狭い視野内で確実に検出することが困難になる。

従って、単位パターン 5 3 の格子枠 5 3 a と、テスト用単位パターン 6 3 の配列方向とが交差する角度 θ は、 0.01 度から 2 度の範囲が好ましい。

【 0 1 1 1 】

また、繰り返しパターン 5 6 とテストパターン 6 6 とは、同一のパターンであっても、異なったパターンでも良い。また、異なるパターンの場合、単位パターン 5 3 の配列周期 D_1 と、テスト用単位パターン 6 3 の配列周期 D_2 も、同一でも異なっても良い。ここで、配列周期 D_1 が、配列周期 D_2 より小さくてもかまわない。ただし、配列周期 D_1 が、配列周期 D_2 の整数倍であることが好ましいのは、上述の場合と同じである。

【 0 1 1 2 】

以上、第 6 の実施形態においては、単位パターン 5 3 の配列方向と、テスト用単位パターン 6 3 の配列方向とを斜めに交差させている。これにより、テスト用単位パターン 6 3

の配列周期 D_2 が単位パターン 53 の配列周期 D_1 より大きい場合であっても、間隔 d の大きさが一定の範囲内で変化する領域 A2 を、重ね合わせパターン 70 上に周期的に作り出すことができる。そのため、繰り返しパターン 56 に生じた欠陥の有無を検査することが出来る。

【0113】

特に、第6の実施形態を、前述の第5の実施形態に適用した場合には、テスト用単位パターン 63 の配列周期 D_2 を大きくすることが出来るため、比較的容易にテストパターン 66 の像を結像することが可能となる。すなわち、投影光学系 23 に求められる光学性能を引き下げることが出来るため、パターン欠陥検査装置のコストを下げる事が出来る。

【0114】

また、重ね合わせパターン 70 を形成する際、単位パターン 53 の配列方向と、テスト用単位パターン 63 の配列方向とを、完全に平行に保つ必要がないため、検査作業の効率を高めることが出来る。

【0115】

なお、図6は、単位パターン 53 の配列方向と、テスト用単位パターン 63 の配列方向とを平行として形成した重ね合わせパターン 70 の部分拡大図である。

かかる場合、単位パターン 53 の配列周期 D_1 が、テスト用単位パターン 63 の配列周期 D_2 より大きい場合、テスト用単位パターン 63 と単位パターン 53 とが重なってしまう。そのため、回折光の乱れの観測が可能な領域が存在せず、又は繰り返しパターン 56 に欠陥が生じて回折光が乱れることがなく、欠陥の検出が困難である。従って、単位パターン 53 の配列方向と、テスト用単位パターン 63 の配列方向とが、互いに平行ではなく、かつ互いに直交しないように重ね合わせパターン 70 を形成すると有利である。

【0116】

【E】フォトマスクの製造方法

続いて、本発明の第1から6の実施形態として示したパターン欠陥検査方法を用い、繰り返しパターン 56 に生じた欠陥の有無を検査する工程を有するフォトマスク 50 の製造方法について説明する。

【0117】

このフォトマスク 50 の製造工程は、マスクブランク製造工程、レジストパターン形成工程、マスクパターン形成工程、及び欠陥検査工程を順次実施するものである。

【0118】

マスクブランク製造工程は、透明基板 57 の表面に遮光膜などの薄膜を形成し、この薄膜上にレジストを塗布してレジスト膜を形成する。これにより、積層構造のマスクブランクを製造する。

【0119】

レジストパターン形成工程は、マスクブランクのレジスト膜に描画機により、例えばレーザビームを照射し、ラスト描画方式等任意の方式を用いて描画し、当該レジスト膜に所定のパターンを露光し、現像してレジストパターンを形成する。このレジストパターンには、繰り返しパターン 56 を形成するためのパターンが設けられている。

【0120】

マスクパターン形成工程は、レジストパターンをマスクにして上記薄膜をエッチングし、この薄膜に繰り返しパターン 56 を形成する。このとき、繰り返しパターン 56 における単位パターン 53 の周期は、該フォトマスクを用いて製造しようとするデバイスの用途に応じて適宜設定され、例えば液晶表示パネルなどの表示デバイス用基板においては $80 \sim 2000 \mu\text{m}$ に設定される。また、1枚の基板に単一のフォトマスク 50 の繰り返しパターン 56 が2～4面形成されたものでもよい。薄膜にパターンを形成した後、レジストはエッチングにより除去される。

【0121】

欠陥検査工程は、本発明の第1～4の実施形態として示したパターン欠陥検査方法を、フォトマスク 50 の製造工程の一環として実施して、フォトマスク 50 の製造を完了する

10

20

30

40

50

。ここで、本発明の欠陥検査工程は、レジストパターンを用いて行っても良いし、レジストを除去した後、薄膜パターンを用いて行ってもよい。レジストパターンを用いて行くと、薄膜パターンの損傷を抑止できる点で好ましい。

【 0 1 2 2 】

その後は、このフォトマスク 5 0 を用いて露光を行い、表示デバイス用基板上のレジスト膜に、フォトマスク 5 0 のマスクパターンを転写する。その後、この転写パターンに基づく画素パターンを表示デバイス用基板の表面に形成して、表示デバイス用基板の製造を完了する。なお、上記画素パターンとは、例えば、液晶表示パネルの薄膜トランジスタ、対向基板、カラーフィルタ、等の繰り返しパターンである。

【 0 1 2 3 】

上記実施の形態によれば、次の効果 (1) ~ (3) を奏する。

【 0 1 2 4 】

(1) 上記実施の形態によれば、回折光を利用して繰り返しパターン 5 6 の欠陥のマクロ検査を実施することが出来るため、短時間で検査をすることが可能となり、フォトマスク 5 0 の生産性を高めることが出来る。

【 0 1 2 5 】

(2) また、実施の形態によれば、フォトマスク 5 0 においては、繰り返しパターン 5 6 における単位パターン 5 3 の配列周期 D 1 が、回折光による欠陥検査の行いやすい周期に対して大きい場合であっても、繰り返しパターン 5 6 にテストパターン 6 6 を重ね合わせて重ね合わせパターン 7 0 を形成し、重ね合わせパターン 7 0 からの回折光の乱れを観測することで、繰り返しパターン 5 6 に生じた微細な欠陥を検出することが可能となる。

【 0 1 2 6 】

(3) 上述のフォトマスクの製造方法により製造されたフォトマスク 5 0 を用いて、画素パターンを形成し、表示デバイス用基板 (例えば液晶表示パネル) を製造することから、画素パターンに欠陥のない表示デバイス用基板とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 2 7 】

【図 1】本発明にかかるパターン欠陥検査方法における第 1 の実施の形態を説明する図であり、(a) は、第 1 の実施の形態を実施するためのパターン欠陥検査装置の概略側面図を示し、(b) は、パターン欠陥検査用テストパターン基板が備えるテストパターンの部分拡大図を示し、(c) は、被検査体が備える繰り返しパターンの部分拡大図を示す。

【図 2】本発明にかかるパターン欠陥検査方法における第 2 の実施の形態を実施するためのパターン欠陥検査装置の概略側面図を示す。

【図 3】本発明にかかるパターン欠陥検査方法における第 3 の実施の形態を実施するためのパターン欠陥検査装置の概略側面図を示す。

【図 4】本発明にかかるパターン欠陥検査方法における第 4 の実施の形態を実施するためのパターン欠陥検査装置の概略側面図を示す。

【図 5】繰り返しパターンとテストパターンとを重ね合わせた重ね合わせパターン、重ね合わせパターンからの回折光、及び欠陥の検出結果の説明図であり、(a) はテストパターンと正常な繰り返しパターンとによる重ね合わせパターンの部分拡大図を示し、(b) はテストパターンと欠陥を含む繰り返しパターンとによる重ね合わせパターンの部分拡大図を示し、(c) は重ね合わせパターンから得られる回折光の撮影結果を示し、(d) は回折光の撮影結果を用いた欠陥の検出結果を示す。

【図 6】繰り返しパターンが有する単位パターンの配列方向と、テストパターンが有するテスト用単位パターンの配列方向とが、互いに平行になるように形成した重ね合わせパターンの部分拡大図を示す。

【図 7】繰り返しパターンが有する単位パターンの配列方向と、テストパターンが有するテスト用単位パターンの配列方向とが、互いに平行ではなく、かつ直交しないように形成した重ね合わせパターンの部分拡大図を示す。

【図 8】図 7 に示す重ね合わせパターンから得られる回折光の撮影結果を示す。

10

20

30

40

50

【図 9】被検査体が備える繰り返しパターンに生じた欠陥を示し、(a) 及び (b) が座標位置変動系の欠陥を示し、(c) 及び (d) が寸法変動系の欠陥を示す。

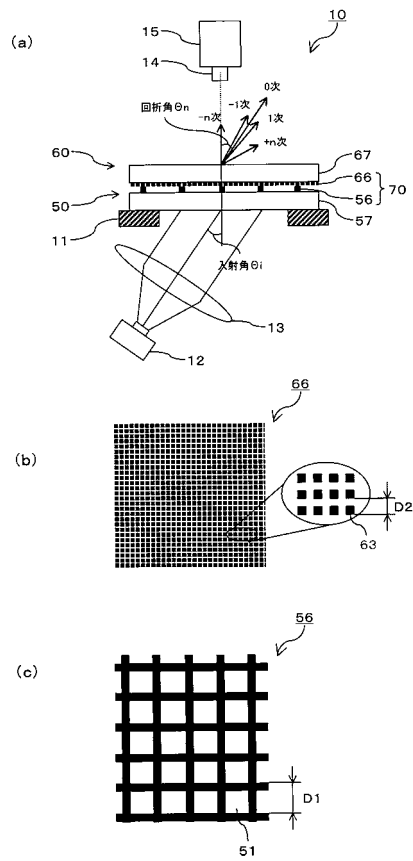
【図 10】被検査体としてのフォトマスクを示す平面図である。

【符号の説明】

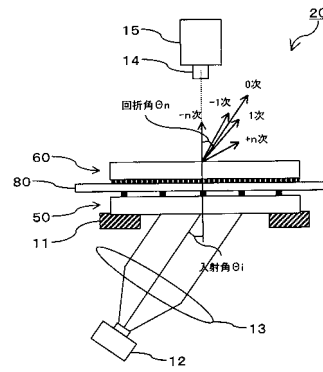
【 0 1 2 8 】

1 0	パターン欠陥検査装置	
1 1	ステージ (保持手段)	
1 2	光源装置 (照明手段)	
1 3	照射光学系	
1 4	受光光学系	10
1 5	観察装置 (撮像手段)	
2 0	パターン欠陥検査装置	
2 1	ステージ (保持手段)	
2 2	光源装置 (照明手段)	
2 3	投影光学系	
2 3 a	保持部材	
2 3 b	アパーチャ	
2 3 c	結像レンズ群	
5 0	フォトマスク (被検査体)	
5 3	単位パターン	20
5 6	繰り返しパターン	
5 7	透明基板 (透明支持体)	
6 0	パターン欠陥検査用テストパターン基板	
6 3	テスト用単位パターン	
6 6	テストパターン	
6 6 '	テストパターンの像	
6 7	透明基板 (透明支持体)	
7 0	重ね合わせパターン	
D 1	単位パターンの配列周期	
D 2	テスト用単位パターンの配列周期	30

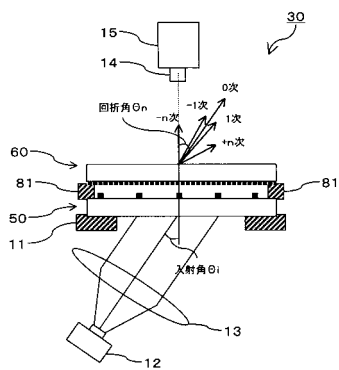
【図 1】



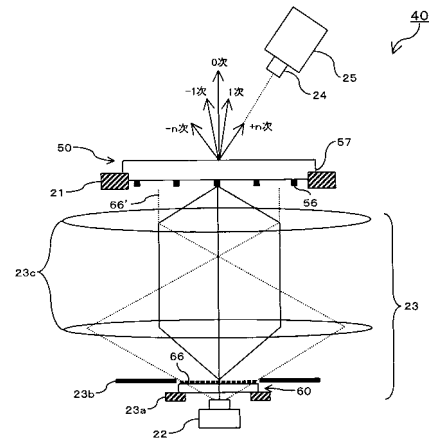
【図 2】



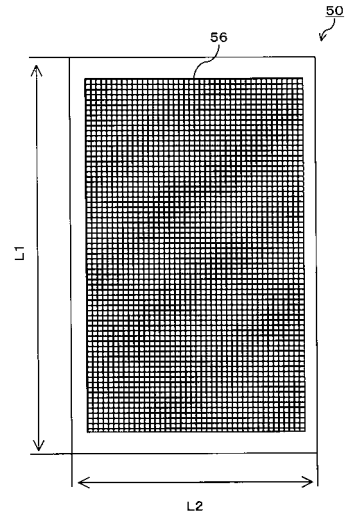
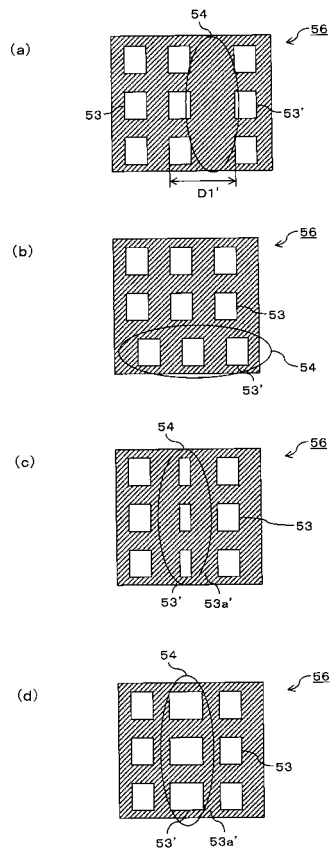
【図 3】



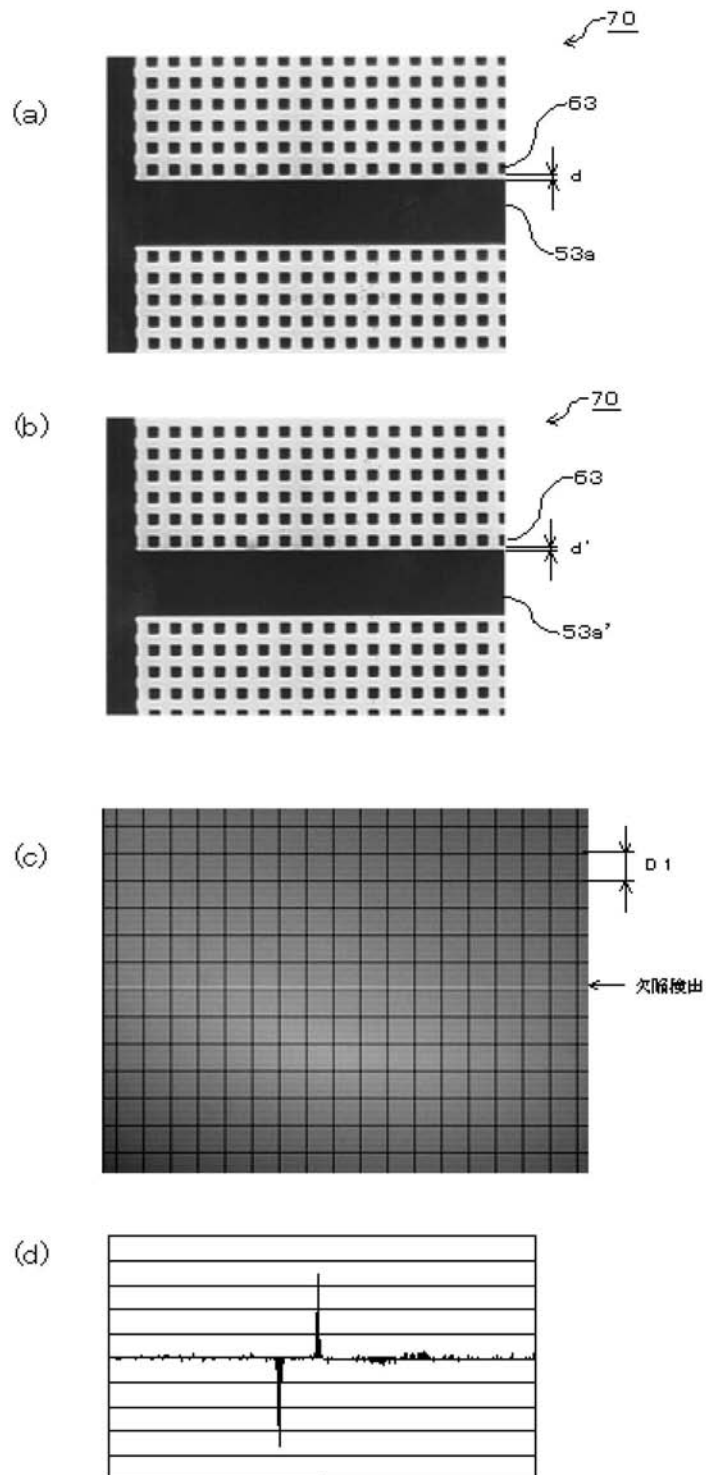
【図 4】



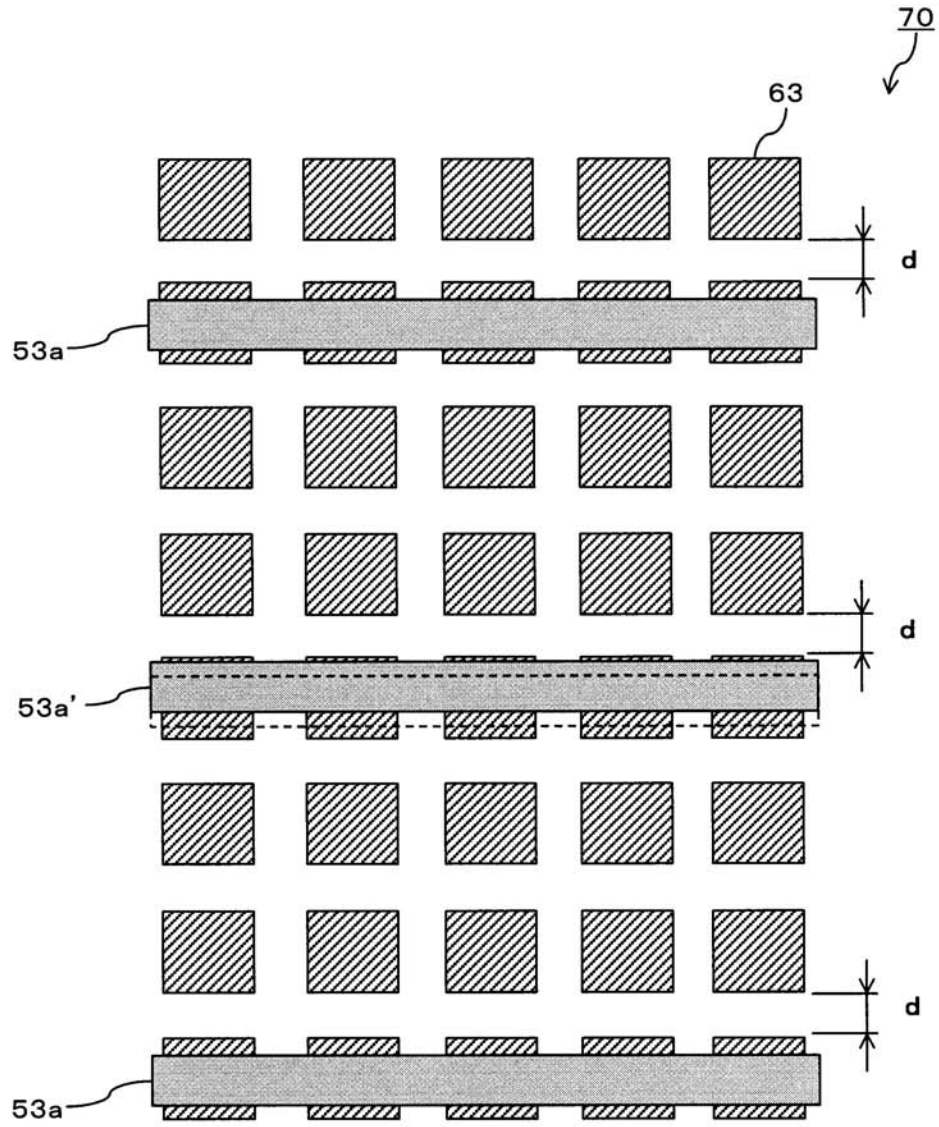
【 図 1 0 】



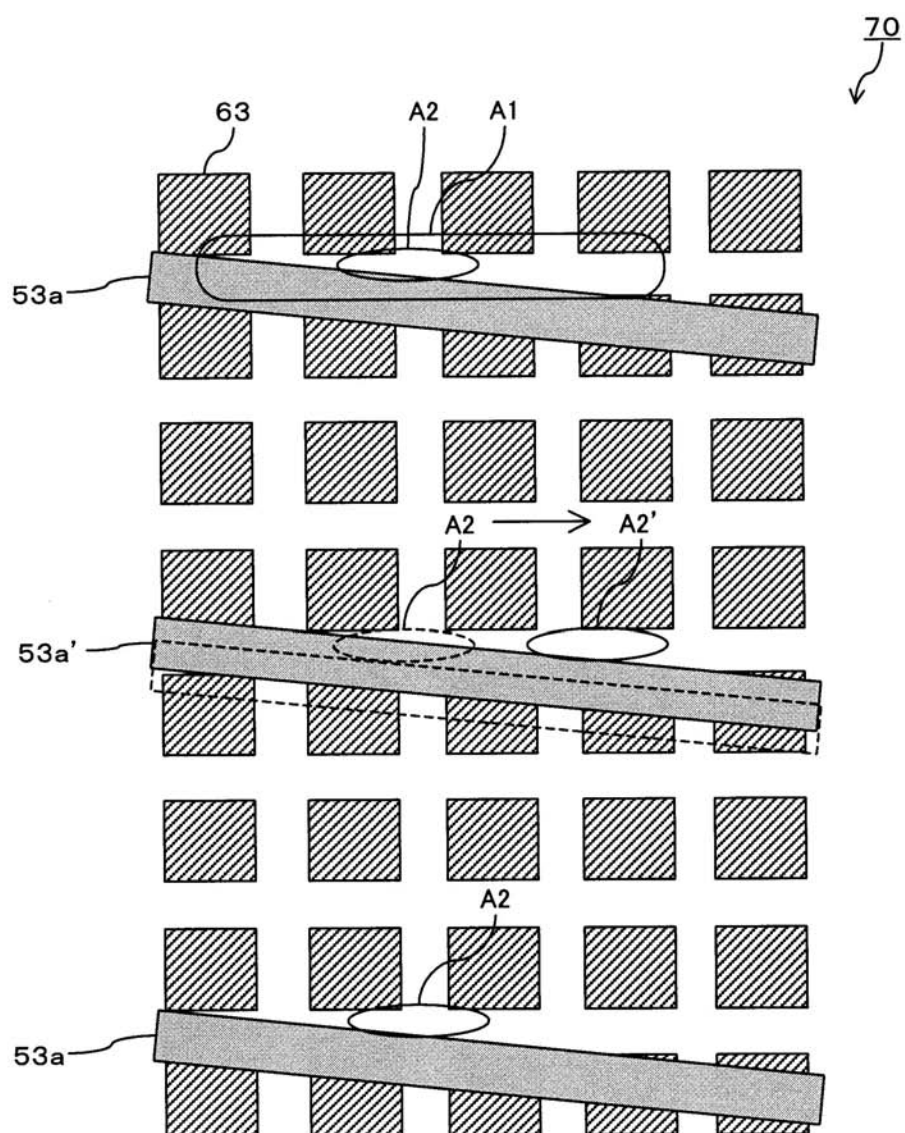
【図5】



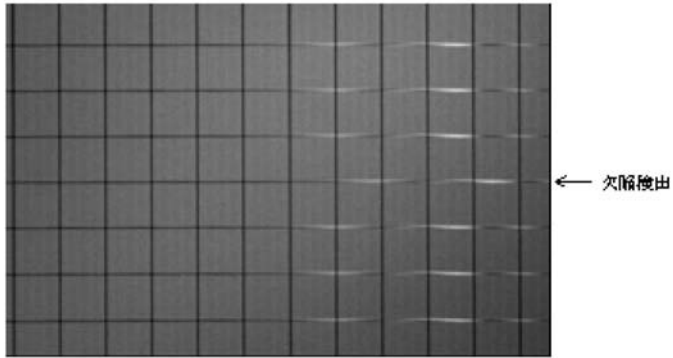
【図 6】



【図7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-338620(JP,A)
特開2007-271591(JP,A)
特開2006-162891(JP,A)
特開2004-294194(JP,A)
特開2001-305071(JP,A)
特表平11-501145(JP,A)
特開平07-198618(JP,A)
実開昭59-112934(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/84-21/958