

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4529366号  
(P4529366)

(45) 発行日 平成22年8月25日(2010.8.25)

(24) 登録日 平成22年6月18日(2010.6.18)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 21/956 (2006.01)

GO 1 N 21/956

A

HO 1 L 21/66 (2006.01)

HO 1 L 21/66

J

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-85185 (P2003-85185)  
 (22) 出願日 平成15年3月26日(2003.3.26)  
 (65) 公開番号 特開2004-294194 (P2004-294194A)  
 (43) 公開日 平成16年10月21日(2004.10.21)  
 審査請求日 平成18年3月14日(2006.3.14)

(73) 特許権者 000004112  
 株式会社ニコン  
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号  
 (74) 代理人 110000246  
 特許業務法人オカダ・フシミ・ヒラノ  
 (74) 代理人 100094846  
 弁理士 細江 利昭  
 (72) 発明者 杉原 麻理  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
 式会社ニコン内  
 (72) 発明者 大森 健雄  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
 式会社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥検査装置、欠陥検査方法及びホールパターンの検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに平行な照明光を照射する照明光学系と、

回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光する受光光学系と、

前記回折光による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像する撮像手段と

、  
 前記撮像手段からの出力に基づいて画像を処理し前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出する画像処理装置と、

を備えた欠陥検査装置であって、

偏光を利用することにより、前記最上層で反射される光量を、下地で反射される光量に対して相対的に大きくするように、前記照明光学系及び前記受光光学系のどちらか一方に偏光素子を設けたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 2】

前記基板に対してS偏光で照射する、または前記回折光のうちS偏光成分を取り出すように、前記偏光素子を配置することを特徴とする請求項 1 記載の欠陥検査装置。

【請求項 3】

繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに平行な照明光を照射する照明光学系と、

回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光する受光光学系と、

10

20

前記回折光による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像する撮像手段と、  
前記撮像手段からの出力に基づいて画像を処理し前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出する画像処理装置と、  
を備えた欠陥検査装置であって、  
偏光状態の変化に注目することで前記最上層の情報を効率よく検出することができるように、前記照明光学系に第1の偏光素子を設け、前記受光光学系に前記第1の偏光素子に対してクロスニコル条件が成立するように第2の偏光素子を設けたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項4】

繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに平行な照明光を照射する照明光学系と、  
回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光する受光光学系と、  
前記回折光による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像する撮像手段と、

前記撮像手段からの出力に基づいて画像を処理し前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出する画像処理装置と、  
を備えた欠陥検査装置であって、  
下地からの回折光を直線偏光とし、該直線偏光の振動方向と直交する方向に振動する光を取り出すことによって、下地からの回折光を除去し、前記最上層からの回折光のみを検出することができるように、

前記照明光学系に回転可能な第1の偏光素子を備え、前記受光光学系に回転可能な第2の偏光素子を備え、

前記基板と前記第1の偏光素子との間、又は前記基板と前記第2の偏光素子との間に、回転可能な1/4波長板を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項5】

繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに直線偏光成分からなる平行な照明光を照射し、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光し、前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像し、撮像した画像を処理して前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出し、偏光を利用することにより、前記最上層で反射される光量を、下地で反射される光量に対して相対的に大きくするようにしたことを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項6】

繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに非偏光の平行な照明光を照射し、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光し、前記基板からの平行な回折光の直線偏光成分を取り出して、前記直線偏光成分による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像し、撮像した画像を処理して前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出し、偏光を利用することにより、前記最上層で反射される光量を、下地で反射される光量に対して相対的に大きくするようにしたことを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項7】

前記直線偏光の照明光及び前記直線偏光成分が、S偏光であることを特徴とする請求項5又は請求項6に記載の欠陥検査方法。

【請求項8】

繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに直線偏光の平行な照明光を照射し、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光し、クロスニコル条件の下で、前記基板からの回折光の前記直線偏光と直交する直線偏光成分を取り出して、前記直線偏光成分による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像し、撮像した画像を処理して前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出し、偏光状態の変化に注目することで前記最上層の情報を効率よく検出するこ

10

20

30

40

50

とができるようにしたことを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 9】

繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに所定の偏光の平行な照明光を照射し、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光し、前記基板からの回折光のうち、前記最上層以外からの回折光を直線偏光に変換し、前記直線偏光を除去して残りの偏光成分による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像し、撮像した画像を処理して前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出し、前記最上層からの回折光のみを検出することができるようにしたことを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 10】

請求項 5 から請求項 9 のうちいずれか 1 項に記載の欠陥検査方法を使用して、基板の最上層に形成された繰り返しホールパターンの欠陥を検出することを特徴とするホールパターンの検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、半導体素子等の製造過程において、基板表面のムラ、傷、等の欠陥を検出する欠陥検査装置、欠陥検査方法、さらには、コンタクトホール等のホールパターンの検査方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体デバイスや液晶基板の製造においては、種々の異なる回路パターンを形成し、それを何層にも積み重ねていく作業を繰り返し行っている。各回路パターンを形成する工程の概要は、基板表面にレジストを塗布し、露光装置によりレチクルやマスク上の回路パターンをレジスト上に焼き付け、現像によってレジストによる回路パターンを形成後、エッチング等で素子の各部を形成する。レジストによるパターンが形成された後に、パターンに異常が無いかどうか検査される。

【0003】

図 7 は、このような目的のために使用されている従来の検査装置の概要を示す図である。ステージ 3 上に載置された半導体ウエハ 2 に照明光 L1 を照射し、半導体ウエハ 2 上に形成された繰り返しパターン（不図示）から発生する回折光 L2 による基板の画像を撮像素子 5 に取り込む。そして、画像処理装置 6 によって画像処理を行い、正常な基板の画像と比較する等により、基板表面の欠陥を検出するものである。繰り返しパターンのピッチによって、回折光が半導体ウエハ 2 から出射する方向が異なるので、これに合わせて、ステージ 3 が適宜チルトされる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ここで、検査すべき対象となるのは、半導体ウエハ 2 の最上層（最表層）に形成されたレジストパターンであるが、基板を照明した光の一部は最上層のレジスト層を通過して、下地に形成されたパターンを照明する。従って、基板全体から発生する回折光は最上層のレジストパターンだけでなく、下地のパターンの影響も受けている。そのため、下地のパターンの影響が大きい場合にはそれがノイズとなり、本来検査すべき最上層のパターン情報が相対的に少なくなり、S/N 比が悪くなるという問題点がある。特に、異なる層の回路パターン同士を結合するコンタクトホール等のホールパターンは、微細で、パターン密度が小さいので、その信号強度が微弱であるため下地の影響を受けやすく、従来は、十分に欠陥を検出できなかった。

【0005】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、最上層のパターンの検査を、高い S/N 比で行うことができる欠陥検査装置、欠陥検査方法、さらにはホールパターンの検査方法を提供することを課題とする。

## 【 0 0 0 6 】

## 【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するための第 1 の手段は、繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに平行な照明光を照射する照明光学系と、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光する受光光学系と、前記回折光による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像する撮像手段と、前記撮像手段からの出力に基づいて画像を処理し前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出する画像処理装置と、を備えた欠陥検査装置であって、偏光を利用することにより、前記最上層で反射される光量を、下地で反射される光量に対して相対的に大きくするように、前記照明光学系及び前記受光光学系のどちらか一方に偏光素子を設けたことを特徴とする欠陥検査装置（請求項 1）である。

10

前記課題を解決するための第 2 の手段は、前記第 1 の手段であって、前記基板に対して S 偏光で照射する、または前記回折光のうち S 偏光成分を取り出すように、前記偏光素子を配置することを特徴とする（請求項 2）。

## 【 0 0 0 7 】

基板表面にパターンが形成されていない場合は、照明光中の P 偏光と S 偏光を比較した場合、S 偏光の方が基板表面での反射率が高い。よって、なるべく S 偏光成分を多く含む光を使用して検査を行った方が、基板表面で反射される光の光量が、基板の中に入って、下層の界面で反射される光の光量よりも多くなり、その分だけ S / N 比を上げることができる。基板パターンにパターンが形成されている場合は、様子が違ってくる場合もあるが、いずれにしても、基板表面での反射率が高くなる偏光状態がある。

20

## 【 0 0 0 8 】

前記第 1 または第 2 の手段は、繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに平行な照明光を照射する照明光学系と、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光する受光光学系と、を備え、照明光学系又は前記受光光学系のどちらか一方に偏光素子を備えているので、この偏光素子を調整することにより、基板表面に入射される照明光や、反射される回折光中に占める反射率の高い偏光成分を多くすることができ、その分だけ、S / N 比が良い状態で検査を行うことができる。

また、前記第 1 または第 2 の手段においては、受光光学系で受光された前記回折光による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像する撮像手段と、撮像手段からの出力に基づいて画像を処理し前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出する画像処理装置とを有するので、自動的に検査を行うことができる。

30

前記課題を解決するための第 3 の手段は、繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに平行な照明光を照射する照明光学系と、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光する受光光学系と、前記回折光による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像する撮像手段と、前記撮像手段からの出力に基づいて画像を処理し前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出する画像処理装置と、を備えた欠陥検査装置であって、偏光状態の変化に注目することで前記最上層の情報を効率よく検出することができるように、前記照明光学系に第 1 の偏光素子を設け、前記受光光学系に前記第 1 の偏光素子に対してクロスニコル条件が成立するように第 2 の偏光素子を設けたことを特徴とする欠陥検査装置（請求項 3）である。

40

## 【 0 0 0 9 】

本手段においては、照明光学系に第 1 の偏光素子を備え、受光光学系に第 2 の偏光素子を備えているので、例えば、第 1 の偏光素子と第 2 の偏光素子の間に、クロスニコルの条件が成り立つようにすることにより、照明光のうち、基板表面で反射されて偏光状態が変わった回折光のみが受光されるようにすることができる。よって、バックグラウンドとなる光の光量を小さくし、S / N 比の良い状態で検査を行うことができる。

## 【 0 0 1 0 】

又、基板が 2 層以上の層から形成される場合、基板表面で反射される光と基板の中の界面

50

で反射される光とで、偏光状態が異なることがある。このような場合には、2つの偏光板を調整することにより、基板の中の界面で反射される光に対してクロスニコルの条件が成立するようにすると、基板の中の界面で反射される光が受光される量を小さくすることができ、表面で反射される回折光をS/N比良く検出することができる。

#### 【0011】

前記課題を解決するための第4の手段は、繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに平行な照明光を照射する照明光学系と、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光する受光光学系と、前記回折光による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像する撮像手段と、前記撮像手段からの出力に基づいて画像を処理し前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出する画像処理装置と、を備えた欠陥検査装置であって、下地からの回折光を直線偏光とし、該直線偏光の振動方向と直交する方向に振動する光を取り出すことによって、下地からの回折光を除去し、前記最上層からの回折光のみを検出することができるように、前記照明光学系に回転可能な第1の偏光素子を備え、前記受光光学系に回転可能な第2の偏光素子を備え、前記基板と前記第1の偏光素子との間、又は前記基板と前記第2の偏光素子との間に、回転可能な1/4波長板を備えたことを特徴とする欠陥検査装置（請求項4）である。

10

#### 【0012】

本手段においては、基板と前記第1の偏光素子との間、又は基板と前記第2の偏光素子との間に、1/4波長板を備えているので、回折光を、直線偏光に変換することができる。よって、この1/4波長板を調整することにより、回折光を直線偏光とし、直線偏光となった光に対してクロスニコルの条件が成立するようにすることにより、S/N比をより高めることができる。

20

#### 【0015】

前記課題を解決するための第5の手段は繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに直線偏光成分からなる平行な照明光を照射し、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光し、前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像し、撮像した画像を処理して前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出し、偏光を利用することにより、前記最上層で反射される光量を、下地で反射される光量に対して相対的に大きくするようにしたことを特徴とする欠陥検査方法（請求項5）である。

30

#### 【0016】

本手段においては、基板を直線偏光の照明光で照明しているので、基板の表面反射率の良い直線偏光を選択して使用すれば、S/N比の良い状態で検査を行うことができる。

#### 【0017】

前記課題を解決するための第6の手段は、繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに非偏光の平行な照明光を照射し、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光し、前記基板からの平行な回折光の直線偏光成分を取り出して、前記直線偏光成分による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像し、撮像した画像を処理して前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出し、偏光を利用することにより、前記最上層で反射される光量を、下地で反射される光量に対して相対的に大きくするようにしたことを特徴とする欠陥検査方法（請求項6）である。

40

#### 【0018】

本手段においては、基板からの回折光に含まれる任意の直線偏光成分による基板の像を撮像しているので、反射率の良い直線偏光成分を選択して使用すれば、S/N比の良い状態で検査を行うことができる。

#### 【0019】

前記課題を解決するための第7の手段は、前記第5の手段又は第6の手段であって、前記直線偏光の照明光及び前記回折光の直線偏光が、S偏光であることを特徴とするもの（

50

請求項 7 ) である。

【 0 0 2 0 】

S 偏光は、表面での反射率が高いので、直線偏光の照明光及び回折光の直線偏光を S 偏光とすることにより、S / N 比の良い状態で検査を行うことができる。

【 0 0 2 1 】

前記課題を解決するための第 8 の手段は、繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに直線偏光の平行な照明光を照射し、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光し、クロスニコル条件の下で、前記基板からの回折光の前記直線偏光と直交する直線偏光成分を取り出して、前記直線偏光成分による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像し、撮像した画像を処理して前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出し、偏光状態の変化に注目することで前記最上層の情報を効率よく検出することができるようにしたことを特徴とする欠陥検査方法（請求項 8 ）である。

10

【 0 0 2 2 】

本手段においては、繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに直線偏光の照明光を照射し、前記基板からの回折光のうちの前記直線偏光と直交する直線偏光成分を取り出して、前記直線偏光成分による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像している。よって、例えば、照明光のうち、基板表面で反射されて偏光状態が変わった回折光のみを直線偏光として撮像に用いるようにすることができる。よって、バックグラウンドとなる光の光量を小さくし、S / N 比のよい状態で検査を行うことができる。

20

【 0 0 2 3 】

又、別の例として、基板が 2 層以上の層から形成される場合、基板表面で反射される光と基板の中の界面で反射される光とで、偏光状態が異なることがある。このような場合には、基板の表面で反射される光を直線偏光に変換し、この直線偏光のみを撮像に用いるようにすると、表面で反射される回折光を S / N 比良く検出することができる。

【 0 0 2 4 】

繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに所定の偏光の平行な照明光を照射し、回折光の回折角に応じて、前記基板からの平行な回折光を受光し、前記基板からの回折光のうち、前記最上層以外からの回折光を直線偏光に変換し、前記直線偏光を除去して残りの偏光成分による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像し、撮像した画像を処理して前記最上層に形成された繰り返しパターンの欠陥を検出し、前記最上層からの回折光のみを検出することができるようにしたことを特徴とする欠陥検査方法（請求項 9 ）である。

30

【 0 0 2 5 】

本手段においては、繰り返しパターンが複数層形成された基板の最上層に形成された繰り返しパターンに所定の偏光の照明光を照射し、前記基板からの回折光のうち、前記最上層以外からの回折光を直線偏光に変換し、前記直線偏光を除去して残りの偏光成分による前記最上層に形成された繰り返しパターンの像を撮像している。よって、例えば、照明光のうち、基板の中の界面で反射されたとき偏光状態が変わらない回折光を直線偏光として除去し、残りの光を撮像に用いるようにすることができる。よって、バックグラウンドとなる光の光量を小さくし、S / N 比の良い状態で検査を行うことができる。回折光を直線偏光として除去する方法の例としては、この光に対してクロスニコルの条件が成立するように偏光板を配置する方法がある。

40

【 0 0 2 6 】

又、別の例として、基板が 2 層以上の層から形成される場合、基板表面で反射される光と基板の中の界面で反射される光とで、偏光状態が異なることがある。このような場合には、例えば、基板の中の界面で反射される光を直線偏光に変換し、この直線偏光に対してクロスニコルの条件が成立するようにすると、基板の中の界面で反射される光が受光される量を小さくすることができ、表面で反射される回折光を S / N 比良く検出することができ

50

る。

【0027】

前記課題を解決するための第10の手段は、前記第5の手段から第9の手段のいずれかを使用して基板の表面に形成されたホールパターンの欠陥を検出することを特徴とするホールパターンの検査方法（請求項10）である。

【0028】

一般にコンタクトホール等のホールパターンは、大きさが微細であり、従来の検査方法では確実な検査が不可能であった。本手段によれば、バックグラウンドノイズを低減させることができるので、ホールパターンの検査をS/N良く行うことができる。特に、前記第9の手段を使用すれば、ホールパターンの検査を、その下に存在する配線パターンと区別して検査することが可能になり、極めて正確に検査を行うことができる。

10

【0029】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の例を、図を用いて説明する。図1は、本発明の実施の形態の第1の例である欠陥検査装置概要を示す図である。ランプハウスLSから射出された照明光L1は、照明光学系1を構成するレンズ11によりほぼ平行な光に変換され、ステージ3上に載置されたウエハ2を照明する。ランプハウスLSの内部には不図示のハロゲンランプやメタルハライドランプなどの光源と、波長選択フィルタが内蔵されており、一部の波長の光のみが照明光L1として利用される。

【0030】

ランプハウスLSの射出部付近には偏光板7が配置されていて、ランプハウスLSから射出された照明光L1を直線偏光にする。偏光板7は照明光学系1の光軸を回転中心にして回転可能で、ウエハ2を照明する直線偏光の偏光方向を任意に変えられる。又、不図示の機構により、挿脱可能である。ステージ3には、不図示のチルト機構が設けられていて、紙面と垂直な軸AXを中心に、ステージ3をチルトする。

20

【0031】

照明光L1によって照明された、基板であるウエハ2からは、回折光L2が生じる。繰り返しパターンのピッチと、照明光L1の波長により、回折光L2の回折角は変化する。回折角に応じてステージ3が適宜チルトされ、生じた回折光L2は、レンズ41、レンズ42で構成された受光光学系4に導かれて集光され、回折光L2によるウエハ2の像を本発明の撮像手段としての撮像素子5上に結像する。ステージ3をチルトさせるかわりに、ランプハウスLSから照明光学系1までの全体、あるいは受光光学系4から撮像素子5までの全体を、軸AXを中心に回転させてもよいし、これらを組み合わせてそれぞれを適宜チルトさせてもよい。

30

【0032】

画像処理装置6は、撮像素子5で取り込んだ画像の画像処理を行う。露光装置のデフォーカスや形成されたパターンの膜厚ムラ等の異常があると、正常部分と欠陥部分の回折効率の違いから、得られた画像に明るさの差が生じる。これを画像処理で欠陥として検出する。又、正常なパターンの像を画像処理装置6に記憶しておき、これと測定されたパターンとの差分をとることにより、異常を検出するようにしてもよい。

40

【0033】

回折光L2は、ウエハ2表面のレジストパターン（上層パターン）によって回折したものと、表面のレジストパターンを通過して下地のパターン（下層パターン）に到達し、そこで回折したものの合成となる。

【0034】

ここで偏光板7は、照明光L1がS偏光でウエハ2を照明するように光軸まわりに回転調整されている。ここでのS偏光とは、振動面が紙面に垂直な直線偏光である。一般に、空気から薄膜に光が到達したときの薄膜表面での光の反射率は、薄膜の屈折率と入射角度に依存してP偏光とS偏光で異なる。0°<入射角<90°の範囲では、S偏光の方が表面反射率が高い。

50

## 【 0 0 3 5 】

複数のパターン層が存在するウエハで考えた場合、S 偏光の方が表面反射率が高い分、下地に到達する光量が少なくなる。従って、回折光の光量もその影響を受け、上層のレジストパターンで回折した光量と、下地のパターンで回折した光量を比較した場合、S 偏光の方が上層のレジストパターンで回折する光量が多くなる。

## 【 0 0 3 6 】

この様子を図 2 を用いて説明する。図 2 は、非偏光、S 偏光、P 偏光が、それぞれ表層と下地からなる面に入射して反射される様子を示している。非偏光の場合に表層で反射される光量を  $a$ 、表層と下地の界面で反射される光量を  $b$ 、S 偏光の場合に表層で反射される光量を  $a_s$ 、表層と下地の界面で反射される光量を  $b_s$ 、P 偏光の場合に表層で反射される光量を  $a_p$ 、表層と下地の界面で反射される光量を  $b_p$  とすると、

$$a_p < a < a_s$$

$$b_p > b > b_s$$

となる。よって、S 偏光を用いることにより、表層表面で反射される光量を相対的に大きくすることができ、下地の影響を受けないで表面の検査を行うことができる。

## 【 0 0 3 7 】

なお、偏光板 7 は照明光学系でなく受光光学系に挿入し、受光する回折光から S 偏光の成分を取り出しても、照明光学系に偏光板を挿入した時と同様の効果を得られる。

## 【 0 0 3 8 】

図 3 は、本発明の第 2 の実施の形態である欠陥検査装置の概要を示す図である。以下の図において、前出の図に示された構成要素と同じ構成要素には、同じ符号を付してその説明を省略する。第 2 の実施の形態は、図 1 に示す第 1 の実施の形態の受光光学系 4 中に、偏光板 8 を追加したものである。偏光板 8 は受光光学系 4 の光軸を回転中心にして回転可能で、ウエハ 2 からの回折光  $L_2$  のうち、任意の偏光方向の直線偏光を取り出すことが可能である。又、不図示の機構により、挿脱可能である。

## 【 0 0 3 9 】

発明者等が確認した事実によると、この第 2 の実施の形態である欠陥検査装置において、照明光  $L_1$  を直線偏光（前述のように基板表面での反射率が高い偏光状態にすることが好ましい）にしてウエハ 2 を照明し、ウエハ 2 からの回折光  $L_2$  のうち、照明光  $L_1$  と直交する方向に振動する直線偏光を取り出すように、それぞれの偏光板 7、8 を調整した状態、いわゆるクロスニコルの状態で検査を行うことが、ホールパターンの検査に特に有効である。

## 【 0 0 4 0 】

通常、クロスニコルの状態では画像は暗視野になるが、ホールパターンが形成された領域を画像として撮像することができた。これは次のように説明できる。直線偏光を入射すると試料表面で反射回折する際に偏光状態が変化し楕円偏光になる（入射直線偏光の振動方向と直交する方向に振動する成分が現れる）。したがってクロスニコルの状態にすることで、偏光状態が試料入射前後で変化した成分のみを取り出すことができる。

## 【 0 0 4 1 】

ここで、上層のホールパターンで回折する際に生じる偏光状態の変化量は、下地のパターンで回折する際に生じる変化量に比べはるかに大きい。そのため、上層パターンで回折する光量より下地パターンで回折する光量が多い場合でも、偏光状態の変化に注目することで上層パターンの情報を効率よく検出することができる。

## 【 0 0 4 2 】

ホールパターンの例を図 4 に示す。（a）は配線パターン 21 を下層としてその上に形成されたコンタクトホール 22 の様子を示す図であり、（b）は絶縁層 25 を下層としてその上に形成されたコンタクトホール 22 の様子を示す図である。両方とも上側が平面図、下側が A - A 断面図である。ただし、分かりやすくするために（a）における平面図においてはレジスト 23 を透明なものとして表している。

## 【 0 0 4 3 】



(a)において、基板24の上に配線パターン21が形成され、その上にコンタクトホール22が所定のホールパターンで形成されている。配線パターン21が形成されていない部分はレジスト23で覆われ、配線パターンの上も、コンタクトホール22が形成されていない部分はレジスト23で覆われている。

【0044】

(b)において、基板24の上に配線パターン21が形成され、配線パターン21が形成されていない部分、及び配線パターン21の上部は絶縁層25で覆われている。そして、絶縁層25を貫通して、所定のパターンでコンタクトホール22が形成されている。

【0045】

欠陥のない繰り返しパターン上に、ベストフォーカス、ベスト露光量での撮像条件を中心として、フォーカス量、露光量を変化させながら露光してホールパターンをウエハ上に形成した。即ち、ベストフォーカス、ベスト露光量での露光状態では、完全なホールパターンが形成されているが、このフォーカス状態、露光量から遠ざかるに従って、ホールパターンに欠陥が発生する。

【0046】

このようにして製作したウエハ上の種々のホールパターンを図7に示す従来の検査装置を用いて撮像した。

図5(b)に、撮像した画像の模式図を示す。ここでは、1枚のウエハ上に、露光条件の異なる9個のホールパターンが形成されており、その各々の撮像の明るさを示している。図では、中心のホールパターンがベストフォーカス、ベスト露光量で露光したものであり、右側のパターンはフォーカスが光軸方向プラスにずれたもの、左側のパターンはフォーカスが光軸方向マイナスにずれたものを示している。又、下側のパターンは露光量がプラス側にずれたもの、上側のパターンは露光量がマイナスにずれたものを示している。

【0047】

図に示すように、この状態では下地の繰り返しパターンからの回折光の影響で、ホールパターンの変化がショット領域毎の明るさの違いとして捉えられなかった。従って、どのホールパターンの明るさも同じに撮像されている。

【0048】

同じウエハを、図3に示すような検査装置を用いて、ホールパターンの下地からの回折光に対してクロスニコル条件が成り立つような状態で測定した。図5(a)は撮像した画像の模式図である。下地の繰り返しパターンからの回折光が除去されていて、露光装置のフォーカス量や露光量の変化が、図のように各ホールパターン領域毎の明るさの違いとして捉えられた。

【0049】

フォーカス量や露光量の変化に応じてホール直径は変化するが、これが回折効率の違いとなり、画像の明るさの差になったものである。明るさの違いは画像処理で十分認識出来るものであり、露光装置のデフォーカスや露光量の不具合によるホールパターンの不良を判別することが可能となる。

【0050】

図6は、本発明の第3の実施の形態である欠陥検査装置の概要を示す図である。この実施の形態は、第2の実施形態の受光光学系4における偏光板8とウエハ2との間に、1/4波長板9を配置したことが第2の実施の形態と異なっている。1/4波長板9は受光光学系4の光軸を回転中心にして回転可能である。又、不図示の機構により挿脱可能である。1/4波長板は、周知のように、回転方向に応じて、入射した光の偏光状態を直線偏光や楕円偏光、円偏光に変換する機能を有する。

【0051】

前述のとおり、回折光L2は上層のパターンで回折した回折光と下地のパターンで回折した回折光の合成で、偏光状態はそれぞれ異なっている。そこで、1/4波長板9を、下地からの回折光が直線偏光になるように回転調整し、更に偏光板8を、変換された直線偏光の振動方向と直交する方向に振動する光を取り出すよう、つまりクロスニコルの状態にな

10

20

30

40

50

るように回転調整する。これにより下地からの回折光が除去される。ここで、上層からの回折光は1/4波長板9を通過後は偏光状態が変化するが直線偏光ではないので、偏光板8を通過することができる。こうして、回折光L2が偏光板8を通過したあとは、下地からの回折光が除去され、上層からの回折光のみとなっているので、下地の影響を受けずに、S/Nの良い状態で検査を行うことができる。

【0052】

なお、1/4波長板は受光光学系4ではなく、照明光学系1の偏光板7とウエハ2との間に挿入して適宜回転する事で、ウエハ2で回折した回折光のうち、下地からの回折光を直線偏光にすることもできる。従って、受光光学系に1/4板を挿入した時と同様の効果を得られる。

10

【0053】

【発明の効果】

以上、説明したように、本発明によれば、最上層のパターンの検査を、高いS/N比で行うことができる欠陥検査装置、欠陥検査方法、さらにはホールパターンの検査方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の第1の例である欠陥検査装置概要を示す図である。

【図2】基板表面と下地からのP偏光とS偏光の反射の状態を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施の形態である欠陥検査装置の概要を示す図である。

【図4】ホールパターンの例を示す図である。

20

【図5】ホールパターンを、本発明による欠陥検査装置と、従来の欠陥検査層により、それぞれ撮像した例を、模式的に示す図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態である欠陥検査装置の概要を示す図である。

【図7】従来の検査装置の概要を示す図である。

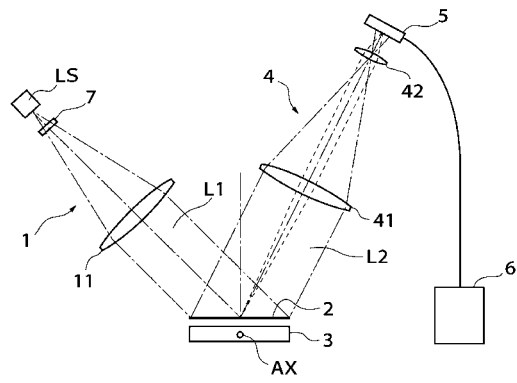
である。

【符号の説明】

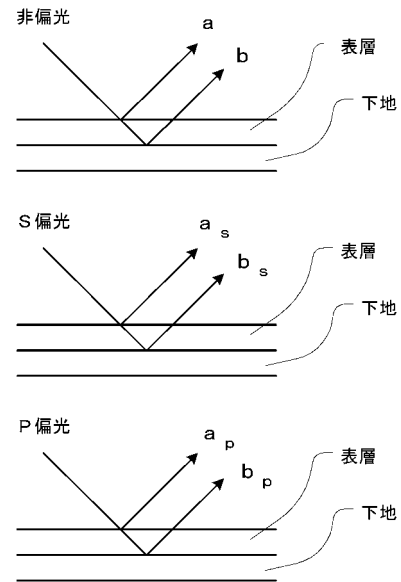
1...照明光学系、2...ウエハ、3...ステージ、4...受光光学系、5...撮像素子、6...画像処理装置、7、8...偏光板、9...1/4波長板、21...配線パターン、22...コンタクトホール、23...レジスト、25...絶縁層、41、42...レンズ、L1...照明光、L2...回折光

30

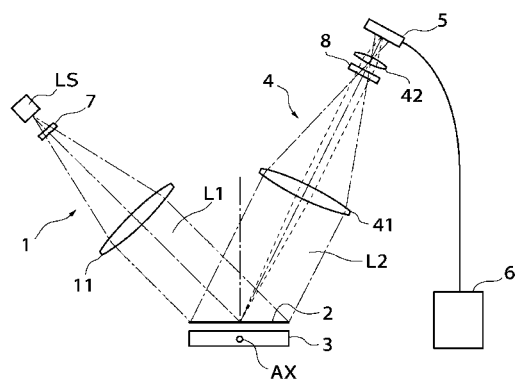
【図 1】



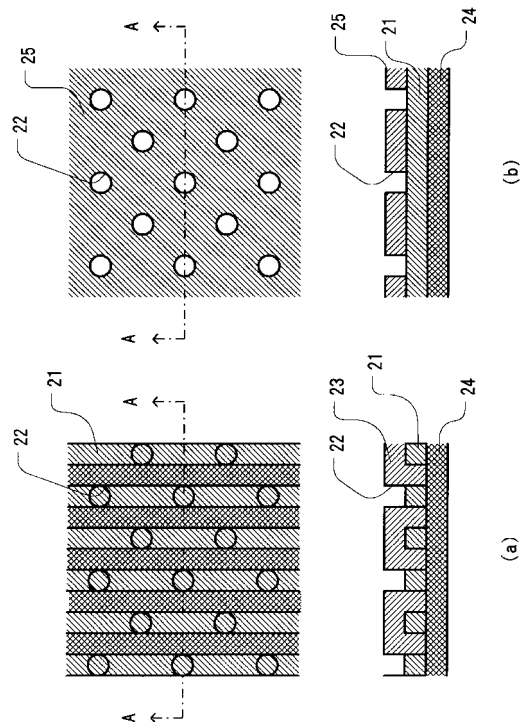
【図 2】



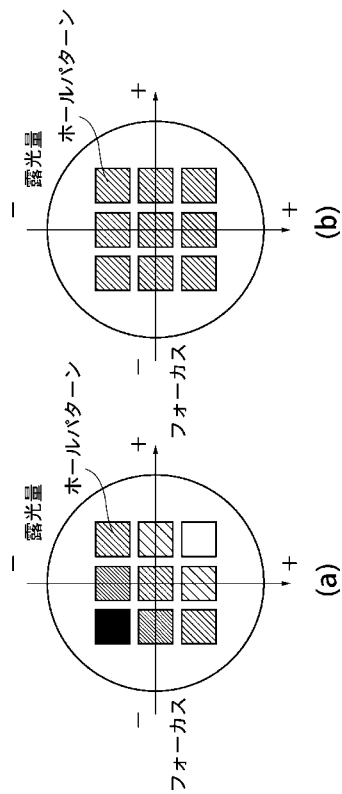
【図 3】



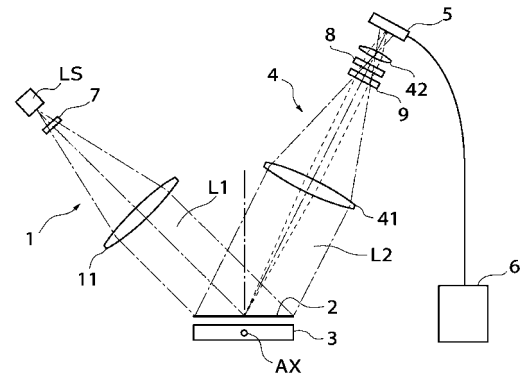
【図 4】



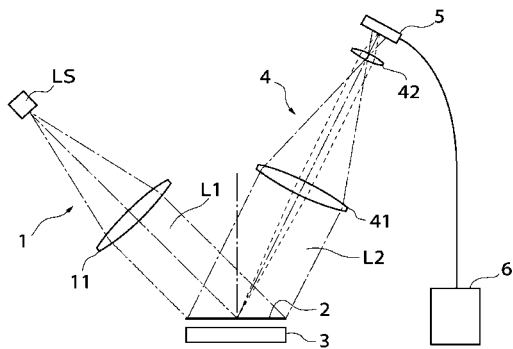
【図 5】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 深澤 和彦  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

審査官 荒巻 慎哉

(56)参考文献 特開2001-093951(JP,A)  
特開平10-206337(JP,A)  
特開2000-097873(JP,A)  
特開平06-281590(JP,A)  
特開2001-208697(JP,A)  
特開昭63-006443(JP,A)  
特開2002-116011(JP,A)  
特開平10-233374(JP,A)  
特開2000-310512(JP,A)  
特開平09-237812(JP,A)  
国際公開第2002/027305(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01N 21/84 - 21/956  
G01B 11/00 - 11/30  
H01L 21/66