

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4931483号
(P4931483)

(45) 発行日 平成24年5月16日(2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日(2012.2.24)

(51) Int.Cl. F I
 H O 1 L 21/66 (2006.01) H O 1 L 21/66 Z
 H O 1 L 21/66 J

請求項の数 18 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2006-165185 (P2006-165185)	(73) 特許権者	302062931 ルネサスエレクトロニクス株式会社 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地
(22) 出願日	平成18年6月14日(2006.6.14)	(73) 特許権者	000236436 浜松ホトニクス株式会社 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(65) 公開番号	特開2007-335603 (P2007-335603A)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(43) 公開日	平成19年12月27日(2007.12.27)	(74) 代理人	100092657 弁理士 寺崎 史朗
審査請求日	平成21年6月2日(2009.6.2)	(74) 代理人	100124291 弁理士 石田 悟
		(72) 発明者	真島 敏幸 東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株式会社ルネサステクノロジ内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体不良解析装置、不良解析方法、及び不良解析プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体デバイスの不良を解析する半導体不良解析装置であって、
 半導体デバイスの観察画像として、不良についての検査を行って得られた、不良に起因する反応情報を含む不良観察画像を取得する検査情報取得手段と、
 前記半導体デバイスのレイアウト情報を取得するレイアウト情報取得手段と、
 前記不良観察画像及び前記レイアウト情報を参照して前記半導体デバイスの不良についての解析を行う不良解析手段とを備え、

前記不良解析手段は、前記不良観察画像を参照し、前記反応情報に対応して解析領域を設定するための領域設定手段と、前記半導体デバイスのレイアウトに含まれる複数のネットについて前記解析領域を参照して不良解析を行うネット情報解析手段とを有し、

前記ネット情報解析手段は、前記領域設定手段で複数の解析領域が設定された場合に、前記複数のネットのうちで前記複数の解析領域の少なくとも1つを通過する候補ネット、及びその候補ネットの解析領域の通過回数を抽出し、抽出された複数の候補ネットについて、前記通過回数が最も多い候補ネットを第1の不良ネットとして選択するとともに、前記第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする半導体不良解析装置。

【請求項2】

前記ネット情報解析手段は、前記第1の不良ネットが通過しない解析領域のうちでの解析領域を指定し、前記第1の不良ネットを除く前記候補ネットのそれぞれが指定された

前記一の解析領域を通過するかどうかを参照して前記第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする請求項1記載の不良解析装置。

【請求項3】

前記ネット情報解析手段は、前記第1の不良ネットを除く前記候補ネットについて、それぞれの前記候補ネットの前記第1の不良ネットが通過する解析領域の通過回数、及び前記第1の不良ネットが通過しない解析領域の通過回数を参照して前記第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする請求項1または2記載の不良解析装置。

【請求項4】

前記ネット情報解析手段は、前記第1の不良ネット及び前記第2の不良ネットを含む不良ネットの選択結果が所定の条件を満たさない場合、前記第1の不良ネットまたは前記第2の不良ネットの少なくとも一方を他の候補ネットに変更することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載の不良解析装置。

10

【請求項5】

前記領域設定手段は、前記解析領域を前記半導体デバイスのレイアウトに対応するレイアウト座標系で設定することを特徴とする請求項1～4のいずれか一項記載の不良解析装置。

【請求項6】

前記領域設定手段及び前記ネット情報解析手段による前記半導体デバイスの不良の解析結果についての情報を表示手段に表示させる情報表示制御手段を備え、

前記情報表示制御手段は、前記解析結果として、前記ネット情報解析手段によって抽出された前記候補ネット、及びそのネットの解析領域の前記通過回数を一覧表示したネットのリストを前記表示手段に表示させることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項記載の不良解析装置。

20

【請求項7】

半導体デバイスの不良を解析する半導体不良解析方法であって、

半導体デバイスの観察画像として、不良についての検査を行って得られた、不良に起因する反応情報を含む不良観察画像を取得する検査情報取得ステップと、

前記半導体デバイスのレイアウト情報を取得するレイアウト情報取得ステップと、

前記不良観察画像及び前記レイアウト情報を参照して前記半導体デバイスの不良についての解析を行う不良解析ステップとを備え、

30

前記不良解析ステップは、前記不良観察画像を参照し、前記反応情報に対応して解析領域を設定するための領域設定ステップと、前記半導体デバイスのレイアウトに含まれる複数のネットについて前記解析領域を参照して不良解析を行うネット情報解析ステップとを含み、

前記ネット情報解析ステップにおいて、前記領域設定ステップで複数の解析領域が設定された場合に、前記複数のネットのうちで前記複数の解析領域の少なくとも1つを通過する候補ネット、及びその候補ネットの解析領域の通過回数を抽出し、抽出された複数の候補ネットについて、前記通過回数が最も多い候補ネットを第1の不良ネットとして選択するとともに、前記第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする半導体不良解析方法。

40

【請求項8】

前記ネット情報解析ステップにおいて、前記第1の不良ネットが通過しない解析領域のうちで一解析領域を指定し、前記第1の不良ネットを除く前記候補ネットのそれぞれが指定された前記一の解析領域を通過するかどうかを参照して前記第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする請求項7記載の不良解析方法。

【請求項9】

前記ネット情報解析ステップにおいて、前記第1の不良ネットを除く前記候補ネットについて、それぞれの前記候補ネットの前記第1の不良ネットが通過する解析領域の通過回数、及び前記第1の不良ネットが通過しない解析領域の通過回数を参照して前記第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする請求項7または8記載の不良解析方法。

50

【請求項 10】

前記ネット情報解析ステップにおいて、前記第1の不良ネット及び前記第2の不良ネットを含む不良ネットの選択結果が所定の条件を満たさない場合、前記第1の不良ネットまたは前記第2の不良ネットの少なくとも一方を他の候補ネットに変更することを特徴とする請求項7～9のいずれか一項記載の不良解析方法。

【請求項 11】

前記領域設定ステップにおいて、前記解析領域を前記半導体デバイスのレイアウトに対応するレイアウト座標系で設定することを特徴とする請求項7～10のいずれか一項記載の不良解析方法。

【請求項 12】

前記領域設定ステップ及び前記ネット情報解析ステップによる前記半導体デバイスの不良の解析結果についての情報を表示手段に表示させる情報表示制御ステップを備え、

前記情報表示制御ステップにおいて、前記解析結果として、前記ネット情報解析ステップによって抽出された前記候補ネット、及びそのネットの解析領域の前記通過回数を一覧表示したネットのリストを前記表示手段に表示させることを特徴とする請求項7～11のいずれか一項記載の不良解析方法。

【請求項 13】

半導体デバイスの不良を解析する半導体不良解析をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

半導体デバイスの観察画像として、不良についての検査を行って得られた、不良に起因する反応情報を含む不良観察画像を取得する検査情報取得処理と、

前記半導体デバイスのレイアウト情報を取得するレイアウト情報取得処理と、

前記不良観察画像及び前記レイアウト情報を参照して前記半導体デバイスの不良についての解析を行う不良解析処理とをコンピュータに実行させ、

前記不良解析処理は、前記不良観察画像を参照し、前記反応情報に対応して解析領域を設定するための領域設定処理と、前記半導体デバイスのレイアウトに含まれる複数のネットについて前記解析領域を参照して不良解析を行うネット情報解析処理とを含み、

前記ネット情報解析処理において、前記領域設定処理で複数の解析領域が設定された場合に、前記複数のネットのうちで前記複数の解析領域の少なくとも1つを通過する候補ネット、及びその候補ネットの解析領域の通過回数を抽出し、抽出された複数の候補ネットについて、前記通過回数が最も多い候補ネットを第1の不良ネットとして選択するとともに、前記第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする半導体不良解析プログラム。

【請求項 14】

前記ネット情報解析処理において、前記第1の不良ネットが通過しない解析領域のうちで一の解析領域を指定し、前記第1の不良ネットを除く前記候補ネットのそれぞれが指定された前記一の解析領域を通過するかどうかを参照して前記第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする請求項13記載の不良解析プログラム。

【請求項 15】

前記ネット情報解析処理において、前記第1の不良ネットを除く前記候補ネットについて、それぞれの前記候補ネットの前記第1の不良ネットが通過する解析領域の通過回数、及び前記第1の不良ネットが通過しない解析領域の通過回数を参照して前記第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする請求項13または14記載の不良解析プログラム。

【請求項 16】

前記ネット情報解析処理において、前記第1の不良ネット及び前記第2の不良ネットを含む不良ネットの選択結果が所定の条件を満たさない場合、前記第1の不良ネットまたは前記第2の不良ネットの少なくとも一方を他の候補ネットに変更することを特徴とする請求項13～15のいずれか一項記載の不良解析プログラム。

【請求項 17】

前記領域設定処理において、前記解析領域を前記半導体デバイスのレイアウトに対応す

10

20

30

40

50

るレイアウト座標系で設定することを特徴とする請求項 13 ~ 16 のいずれか一項記載の不良解析プログラム。

【請求項 18】

前記領域設定処理及び前記ネット情報解析処理による前記半導体デバイスの不良の解析結果についての情報を表示手段に表示させる情報表示制御処理をコンピュータにさらに実行させ、

前記情報表示制御処理において、前記解析結果として、前記ネット情報解析処理によって抽出された前記候補ネット、及びそのネットの解析領域の前記通過回数を一覧表示したネットのリストを前記表示手段に表示させることを特徴とする請求項 13 ~ 17 のいずれか一項記載の不良解析プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイスの不良について解析を行うための半導体不良解析装置、不良解析方法、及び不良解析プログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの不良を解析するための観察画像を取得する半導体検査装置としては、従来、エミッション顕微鏡、OBIRCH装置、時間分解エミッション顕微鏡などが用いられている。これらの検査装置では、不良観察画像として取得される発光画像やOBIRCH画像を用いて、半導体デバイスの故障箇所などの不良を解析することができる（例えば、特許文献1、2参照）。

【特許文献1】特開2003-86689号公報

【特許文献2】特開2003-303746号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

近年、半導体不良解析において、解析対象となる半導体デバイスの微細化や高集積化が進んでおり、上記した検査装置を用いた不良箇所の解析が困難になってきている。したがって、このような半導体デバイスについて不良箇所の解析を行うためには、不良観察画像から半導体デバイスの不良箇所を推定するための解析処理の確実性、及びその効率を向上することが必要不可欠である。

【0004】

本発明は、以上の問題点を解決するためになされたものであり、不良観察画像を用いた半導体デバイスの不良の解析を確実かつ効率良く行うことが可能な半導体不良解析装置、不良解析方法、及び不良解析プログラム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】

【0005】

このような目的を達成するために、本発明による半導体不良解析装置は、半導体デバイスの不良を解析する半導体不良解析装置であって、(1)半導体デバイスの観察画像として、不良についての検査を行って得られた、不良に起因する反応情報を含む不良観察画像を取得する検査情報取得手段と、(2)半導体デバイスのレイアウト情報を取得するレイアウト情報取得手段と、(3)不良観察画像及びレイアウト情報を参照して半導体デバイスの不良についての解析を行う不良解析手段とを備え、(4)不良解析手段は、不良観察画像を参照し、反応情報に対応して解析領域を設定するための領域設定手段と、半導体デバイスのレイアウトに含まれる複数のネットについて解析領域を参照して不良解析を行うネット情報解析手段とを有し、(5)ネット情報解析手段は、領域設定手段で複数の解析領域が設定された場合に、複数のネットのうちで複数の解析領域の少なくとも1つを通過する候補ネット、及びその候補ネットの解析領域の通過回数を抽出し、抽出された複数の候補ネットについて、通過回数が最も多い候補ネットを第1の不良ネットとして選択する

10

20

30

40

50

とともに、第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする。

【0006】

また、本発明による半導体不良解析方法は、半導体デバイスの不良を解析する半導体不良解析方法であって、(1)半導体デバイスの観察画像として、不良についての検査を行って得られた、不良に起因する反応情報を含む不良観察画像を取得する検査情報取得ステップと、(2)半導体デバイスのレイアウト情報を取得するレイアウト情報取得ステップと、(3)不良観察画像及びレイアウト情報を参照して半導体デバイスの不良についての解析を行う不良解析ステップとを備え、(4)不良解析ステップは、不良観察画像を参照し、反応情報に対応して解析領域を設定するための領域設定ステップと、半導体デバイスのレイアウトに含まれる複数のネットについて解析領域を参照して不良解析を行うネット情報解析ステップとを含み、(5)ネット情報解析ステップにおいて、領域設定ステップで複数の解析領域が設定された場合に、複数のネットのうちで複数の解析領域の少なくとも1つを通過する候補ネット、及びその候補ネットの解析領域の通過回数を抽出し、抽出された複数の候補ネットについて、通過回数が最も多い候補ネットを第1の不良ネットとして選択するとともに、第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする。

10

【0007】

また、本発明による半導体不良解析プログラムは、半導体デバイスの不良を解析する半導体不良解析をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、(1)半導体デバイスの観察画像として、不良についての検査を行って得られた、不良に起因する反応情報を含む不良観察画像を取得する検査情報取得処理と、(2)半導体デバイスのレイアウト情報を取得するレイアウト情報取得処理と、(3)不良観察画像及びレイアウト情報を参照して半導体デバイスの不良についての解析を行う不良解析処理とをコンピュータに実行させ、(4)不良解析処理は、不良観察画像を参照し、反応情報に対応して解析領域を設定するための領域設定処理と、半導体デバイスのレイアウトに含まれる複数のネットについて解析領域を参照して不良解析を行うネット情報解析処理とを含み、(5)ネット情報解析処理において、領域設定処理で複数の解析領域が設定された場合に、複数のネットのうちで複数の解析領域の少なくとも1つを通過する候補ネット、及びその候補ネットの解析領域の通過回数を抽出し、抽出された複数の候補ネットについて、通過回数が最も多い候補ネットを第1の不良ネットとして選択するとともに、第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して第2の不良ネットの選択を行うことを特徴とする。

20

30

【0008】

上記した半導体不良解析装置、不良解析方法、及び不良解析プログラムにおいては、解析対象の半導体デバイスを検査して得られた発光画像やO B I R C H画像などの不良観察画像と、半導体デバイスのレイアウトに関して必要な情報とを取得する。そして、不良観察画像での反応情報(例えば反応箇所の情報)に対応して解析領域を設定し、半導体デバイスを構成する各ネットのうちで解析領域を通過するネットを抽出することによって、半導体デバイスの不良の解析を行っている。このような構成によれば、解析領域を好適に設定することで、解析領域を通過するネットによって、半導体デバイスでの不良の可能性が高いネットを推定することができる。

40

【0009】

さらに、上記構成では、解析領域を通過するネットとして抽出された複数の候補ネットからの不良ネットの選択について、複数の候補ネットのうちで解析領域の通過回数、すなわち通過する解析領域の個数が最も多い候補ネットを第1の不良ネットとして選択する。そして、第1の不良ネットが通過する解析領域以外に解析領域が存在して次の不良ネットの選択が必要な場合に、第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して、第2の不良ネットの選択を行っている。

【0010】

これにより、半導体デバイスのレイアウトに含まれる複数のネットからの不良ネットの

50

抽出を効率的に実行することができる。したがって、不良観察画像を用いた半導体デバイスの不良解析を確実かつ効率良く行うことが可能となる。また、抽出された候補ネットから所定の順序で不良ネットを選択していく上記構成によれば、解析領域とレイアウト情報とを参照して行われる不良ネットの抽出を自動で実行して、不良解析の効率をさらに向上させることも可能である。

【 0 0 1 1 】

ここで、第1の不良ネットに続く第2の不良ネットの具体的な選択方法については、上記の不良解析装置において、ネット情報解析手段は、第1の不良ネットが通過しない解析領域のうちの一の解析領域を指定し、第1の不良ネットを除く候補ネットのそれぞれが指定された一の解析領域を通過するかどうかを参照して第2の不良ネットの選択を行うことが好ましい。

10

【 0 0 1 2 】

同様に、不良解析方法は、ネット情報解析ステップにおいて、第1の不良ネットが通過しない解析領域のうちの一の解析領域を指定し、第1の不良ネットを除く候補ネットのそれぞれが指定された一の解析領域を通過するかどうかを参照して第2の不良ネットの選択を行うことが好ましい。

【 0 0 1 3 】

同様に、不良解析プログラムは、ネット情報解析処理において、第1の不良ネットが通過しない解析領域のうちの一の解析領域を指定し、第1の不良ネットを除く候補ネットのそれぞれが指定された一の解析領域を通過するかどうかを参照して第2の不良ネットの選択を行うことが好ましい。

20

【 0 0 1 4 】

あるいは、不良解析装置において、ネット情報解析手段は、第1の不良ネットを除く候補ネットについて、それぞれの候補ネットの第1の不良ネットが通過する解析領域の通過回数、及び第1の不良ネットが通過しない解析領域の通過回数を参照して第2の不良ネットの選択を行うことが好ましい。

【 0 0 1 5 】

同様に、不良解析方法は、ネット情報解析ステップにおいて、第1の不良ネットを除く候補ネットについて、それぞれの候補ネットの第1の不良ネットが通過する解析領域の通過回数、及び第1の不良ネットが通過しない解析領域の通過回数を参照して第2の不良ネットの選択を行うことが好ましい。

30

【 0 0 1 6 】

同様に、不良解析プログラムは、ネット情報解析処理において、第1の不良ネットを除く候補ネットについて、それぞれの候補ネットの第1の不良ネットが通過する解析領域の通過回数、及び第1の不良ネットが通過しない解析領域の通過回数を参照して第2の不良ネットの選択を行うことが好ましい。また、第2の不良ネットの選択方法については、これらの方法以外にも様々な方法を用いることが可能である。

【 0 0 1 7 】

また、不良解析装置は、ネット情報解析手段が、第1の不良ネット及び第2の不良ネットを含む不良ネットの選択結果が所定の条件を満たさない場合、第1の不良ネットまたは第2の不良ネットの少なくとも一方を他の候補ネットに変更することとしても良い。

40

【 0 0 1 8 】

同様に、不良解析方法は、ネット情報解析ステップにおいて、第1の不良ネット及び第2の不良ネットを含む不良ネットの選択結果が所定の条件を満たさない場合、第1の不良ネットまたは第2の不良ネットの少なくとも一方を他の候補ネットに変更することとしても良い。

【 0 0 1 9 】

同様に、不良解析プログラムは、ネット情報解析処理において、第1の不良ネット及び第2の不良ネットを含む不良ネットの選択結果が所定の条件を満たさない場合、第1の不良ネットまたは第2の不良ネットの少なくとも一方を他の候補ネットに変更することとし

50

ても良い。

【0020】

このように、抽出された候補ネットから所定の順序で選択された不良ネットについて、必要に応じて他の候補ネットに変更することが可能な構成とすることにより、半導体デバイスの不良解析の確実性が向上される。

【0021】

また、不良解析装置は、領域設定手段が、解析領域を半導体デバイスのレイアウトに対応するレイアウト座標系で設定することが好ましい。同様に、不良解析方法は、領域設定ステップにおいて、解析領域を半導体デバイスのレイアウトに対応するレイアウト座標系で設定することが好ましい。同様に、不良解析プログラムは、領域設定処理において、解析領域を半導体デバイスのレイアウトに対応するレイアウト座標系で設定することが好ましい。

10

【0022】

このように、不良観察画像から抽出、設定される解析領域を、画像上での座標系ではなくレイアウト座標系で表現することにより、半導体デバイスのレイアウトに含まれる複数のネットからの不良ネットの抽出を、レイアウト座標系で設定された解析領域を参照して効率良く実行することが可能となる。

【0023】

また、不良解析装置は、領域設定手段及びネット情報解析手段による半導体デバイスの不良の解析結果についての情報を表示手段に表示させる情報表示制御手段を備え、情報表示制御手段は、解析結果として、ネット情報解析手段によって抽出された候補ネット、及びそのネットの解析領域の通過回数を一覧表示したネットのリストを表示手段に表示させることが好ましい。

20

【0024】

同様に、不良解析方法は、領域設定ステップ及びネット情報解析ステップによる半導体デバイスの不良の解析結果についての情報を表示手段に表示させる情報表示制御ステップを備え、情報表示制御ステップにおいて、解析結果として、ネット情報解析ステップによって抽出された候補ネット、及びそのネットの解析領域の通過回数を一覧表示したネットのリストを表示手段に表示させることが好ましい。

【0025】

同様に、不良解析プログラムは、領域設定処理及びネット情報解析処理による半導体デバイスの不良の解析結果についての情報を表示手段に表示させる情報表示制御処理をコンピュータに実行させ、情報表示制御処理において、解析結果として、ネット情報解析処理によって抽出された候補ネット、及びそのネットの解析領域の通過回数を一覧表示したネットのリストを表示手段に表示させることが好ましい。

30

【0026】

これにより、半導体デバイスの不良解析を行う操作者は、不良ネットの抽出などの解析作業を、視認性良く行うことができる。したがって、不良観察画像を用いた半導体デバイスの不良解析を、さらに確実かつ効率良く行うことが可能となる。また、ネットの解析領域の通過回数の表示については、通過回数をグラフ化して表示して、その視認性をさらに向上しても良い。

40

【発明の効果】

【0027】

本発明の半導体不良解析装置、不良解析方法、及び不良解析プログラムによれば、不良観察画像に対して設定された複数の解析領域を参照して、半導体デバイスの複数のネットから不良の候補ネットを抽出し、抽出された複数の候補ネットのうちで解析領域の通過回数が最も多い候補ネットを第1の不良ネットとして選択するとともに、第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して第2の不良ネットの選択を行うことにより、複数のネットからの不良ネットの抽出を効率的に実行して、半導体デバイスの不良解析を確実かつ効率良く行うことが可能となる。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、図面とともに本発明による半導体不良解析装置、不良解析方法、及び不良解析プログラムの好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0029】

図1は、本発明による半導体不良解析装置を含む不良解析システムの一実施形態の構成を概略的に示すブロック図である。本不良解析システム1は、半導体デバイスを解析対象とし、その観察画像を用いて不良解析を行うためのものであり、半導体不良解析装置10と、検査情報供給装置20と、レイアウト情報供給装置30と、表示装置40と、入力装置45とを備えている。以下、半導体不良解析装置10及び不良解析システム1の構成について、半導体不良解析方法とともに説明する。

【0030】

半導体不良解析装置10は、半導体デバイスの不良解析に必要なデータを入力して、その不良の解析処理を実行するための解析装置である。本実施形態による不良解析装置10は、検査情報取得部11と、レイアウト情報取得部12と、不良解析部13と、解析画面表示制御部14と、レイアウト画像表示制御部15とを有している。また、不良解析装置10には、不良解析に関する情報を表示するための表示装置40と、不良解析に必要な指示や情報の入力に用いられる入力装置45とが接続されている。

【0031】

不良解析装置10において実行される不良解析に用いられるデータは、検査情報取得部11及びレイアウト情報取得部12によって取得される。検査情報取得部11は、半導体デバイスの観察画像として、通常の観察画像であるパターン画像P1と、不良についての検査を行って得られた、不良に起因する反応情報を含んでいる不良観察画像P2とを取得する(検査情報取得ステップ)。また、レイアウト情報取得部12は、半導体デバイスでのネットなどの構成を示すレイアウト情報を取得する(レイアウト情報取得ステップ)。図1においては、レイアウト情報取得部12は、この半導体デバイスのレイアウト情報として、レイアウト画像P3を取得している。

【0032】

図1においては、検査情報取得部11に対して、検査情報供給装置20が接続されており、パターン画像P1及び不良観察画像P2は供給装置20から取得部11へと供給されている。この検査情報供給装置20としては、例えば、エミッション顕微鏡装置を用いることができる。この場合には、不良観察画像P2は発光画像となる。また、検査情報供給装置20として、OBIRCH装置を用いることができる。この場合には、不良観察画像P2はOBIRCH画像となる。あるいは、これら以外の種類の半導体検査装置を供給装置20として用いても良い。

【0033】

また、パターン画像P1及び不良観察画像P2があらかじめ半導体検査装置によって取得されている場合には、検査情報供給装置20としては、それらの画像データを記憶しているデータ記憶装置が用いられる。この場合のデータ記憶装置は、不良解析装置10の内部に設けられていても良く、あるいは外部装置であっても良い。このような構成は、半導体検査装置で観察画像を先に取りためておき、不良解析装置10のソフトウェアを別のコンピュータ上で実行するような場合に有用である。この場合、半導体検査装置を占有することなく、不良解析の作業を分担して進めることができる。

【0034】

また、エミッション顕微鏡装置やOBIRCH装置などの半導体検査装置で取得されるパターン画像P1及び不良観察画像P2については、ステージ上に半導体デバイスを載置した状態で画像P1、P2が取得される。このため、両者は互いに位置合わせがされた画像として取得される。また、画像P1、P2における画像上の座標系は、例えば、半導体

10

20

30

40

50

検査装置でのステージ座標系に対応して設定される。

【0035】

一方、レイアウト情報取得部12に対して、レイアウト情報供給装置30がネットワークを介して接続されており、レイアウト画像P3は供給装置30から取得部12へと供給されている。このレイアウト情報供給装置30としては、例えば、半導体デバイスを構成する素子やネット（配線）の配置などの設計情報からレイアウト画像P3を生成するレイアウト・ビューアのCADソフトが起動されているワークステーションを用いることができる。

【0036】

ここで、例えば半導体デバイスに含まれる複数のネットの個々の情報など、レイアウト画像P3以外のレイアウト情報については、不良解析装置10において、必要に応じてレイアウト情報供給装置30と通信を行って情報を取得する構成を用いることが好ましい。あるいは、レイアウト画像P3と合わせて、レイアウト情報取得部12から情報を読み込んでおく構成としても良い。

10

【0037】

また、本実施形態においては、不良解析装置10にレイアウト画像表示制御部15が設けられている。このレイアウト画像表示制御部15は、画面転送ソフトウェア、例えばX端末によって構成され、レイアウト情報供給装置30において描画されたレイアウト画像P3を表示装置40での所定の表示ウィンドウに表示するなどの機能を有する。ただし、このようなレイアウト画像表示制御部15については、不要であれば設けなくても良い。

20

【0038】

検査情報取得部11、及びレイアウト情報取得部12によって取得されたパターン画像P1、不良観察画像P2、及びレイアウト画像P3は、不良解析部13へと入力される。不良解析部13は、不良観察画像P2及びレイアウト情報を参照して、半導体デバイスの不良についての解析を行う解析手段である。また、解析画面表示制御部14は、不良解析部13による半導体デバイスの不良の解析結果についての情報を表示装置40に表示させる情報表示制御手段である。また、解析画面表示制御部14は、必要に応じて、解析結果以外で半導体デバイスの不良解析についての情報を所定の解析画面で表示する。

【0039】

図2は、図1に示した半導体不良解析装置10における不良解析部13の具体的な構成を示すブロック図である。本実施形態による不良解析部13は、領域設定部131と、ネット情報解析部132とを有している。また、図3及び図4は、領域設定部131及びネット情報解析部132によって実行される不良解析方法について模式的に示す図である。なお、以下において、不良観察画像等を模式的に示す場合には、説明のため、例えば発光画像における発光領域などの反応領域について、斜線を付した領域によって図示することとする。

30

【0040】

領域設定部131は、解析対象の半導体デバイスに対し、不良観察画像P2を参照し、画像P2での反応情報に対応して解析領域を設定する設定手段である。ここで、不良観察画像P2の例としてエミッション顕微鏡装置によって取得される発光画像を考える。例えば、図3(a)に示す例では、不良解析において参照される反応情報として、発光画像中にA1～A6の6つの発光領域（反応領域）が存在する。このような画像に対して、領域設定部131は、図3(b)に示すように、発光領域に対応して6つの解析領域B1～B6を設定する。

40

【0041】

本実施形態においては、この領域設定部131は、解析領域設定部136と、マスク領域設定部137とを有している。解析領域設定部136は、不良観察画像P2に対して所定の輝度閾値を適用して解析領域の設定を行う設定手段である。例えば、図4(a)に模式的に示す例では、不良観察画像P2である発光画像中において、3箇所が発光箇所が存在する。

50

【 0 0 4 2 】

解析領域設定部 1 3 6 では、このような不良観察画像 P 2 に対して、画像 P 2 での輝度分布と、所定の輝度閾値とを比較し、例えば、輝度閾値以上の輝度値を有する画素を選択する。これにより、図 4 (b) に示すように、不良観察画像 P 2 に含まれる反応情報として、反応領域 A 1 ~ A 3 が抽出される。ここで、不良観察画像 P 2 が発光画像である場合には、画像 P 2 での輝度分布は半導体デバイスでの発光強度分布に対応する。また、輝度閾値によって抽出される反応領域 A 1 ~ A 3 は発光領域に対応する。

【 0 0 4 3 】

さらに、解析領域設定部 1 3 6 では、上記のようにして抽出された反応領域 A 1 ~ A 3 に対応して、半導体デバイスの不良解析に用いられる解析領域 B 1 ~ B 3 が設定される。このような解析領域の設定は、キーボードやマウスなどを用いた入力装置 4 5 からの操作者の入力に応じて手動で行うことが好ましい。あるいは、解析領域設定部 1 3 6 において自動で行われる構成としても良い。また、設定される解析領域の形状については、特に制限されないが、図 3 (b) 及び図 4 (b) に示すように矩形状の領域 (反応ボックス) に設定することが、解析の容易さなどの点で好ましい。

【 0 0 4 4 】

また、解析領域の具体的な設定方法については、上記した輝度閾値を適用する方法以外にも、様々な方法を用いて良い。例えば、不良観察画像から反応領域を抽出した後に解析領域を設定するのではなく、不良観察画像から直接、自動または操作者による手動で解析領域を設定する方法を用いても良い。

【 0 0 4 5 】

また、マスク領域設定部 1 3 7 は、不良観察画像を用いて不良解析を行う際のマスクとして用いられるマスク領域の設定を行う設定手段である。解析領域設定部 1 3 6 は、マスク領域設定部 1 3 7 において設定されたマスク領域によってマスク処理された不良観察画像を用い、そのマスク処理された不良観察画像を参照して反応領域の抽出、及び解析領域の設定を行う。なお、このようなマスク領域の設定、及び不良観察画像に対するマスク処理については、不要であれば行わなくても良い。

【 0 0 4 6 】

ネット情報解析部 1 3 2 は、半導体デバイスのレイアウトに含まれる複数のネット (配線) について、解析領域設定部 1 3 6 で設定された解析領域を参照して解析を行う解析手段である。具体的には、ネット情報解析部 1 3 2 は、複数のネットについて必要な解析を行って、上記した解析領域を通過するネットを不良の候補ネットとして抽出する (ネット情報解析ステップ) 。特に、解析領域設定部 1 3 6 において複数の解析領域が設定されている場合には、ネット情報解析部 1 3 2 は、複数のネットについて、複数の解析領域の少なくとも 1 つを通過する候補ネットを抽出するとともに、併せてその候補ネットの解析領域の通過回数 (そのネットが通過する解析領域の個数) を抽出する。

【 0 0 4 7 】

上記した例では、図 3 (c) に示すように、解析領域設定部 1 3 6 で設定された 6 つの解析領域 B 1 ~ B 6 に対して、解析領域を通過する候補ネットとして 4 本のネット C 1 ~ C 4 が抽出されている。また、これらの候補ネット C 1 ~ C 4 のうち、ネット C 1 は解析領域の通過回数が 3 回で最も多く、ネット C 2 は通過回数が 2 回、ネット C 3、C 4 は通過回数がそれぞれ 1 回となっている。

【 0 0 4 8 】

なお、このようなネット情報の解析では、必要に応じて、レイアウト情報取得部 1 2 を介してレイアウト情報供給装置 3 0 との間で通信を行って、解析を実行することが好ましい。このような構成としては、例えば、ネット情報解析部 1 3 2 が、レイアウト情報供給装置 3 0 に対して候補ネットの抽出、及び解析領域の通過回数の取得を指示し、その結果を受け取る構成がある。

【 0 0 4 9 】

さらに、ネット情報解析部 1 3 2 では、上記のようにして抽出された複数の候補ネット

10

20

30

40

50

のうちから、実際に不良となっている可能性が高い不良ネット（被疑不良ネット）を選択する処理が自動、または操作者による手動で行われる。具体的には、抽出された複数の候補ネットについて、解析領域の通過回数が最も多い候補ネットが最も疑わしいネットであるとして、第1の不良ネットとして選択する。さらに、次に疑わしい不良ネットの選択において、第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して第2の不良ネットの選択を行う。また、ネット情報解析部132は、必要があれば、さらに第3以降の不良ネットを同様の方法で選択する。

【0050】

また、本実施形態においては、ネット情報解析部132に対して、さらに解析対象選択部135が設けられている。解析対象選択部135は、不良解析の対象となっている半導体デバイスの積層構造に対し、必要に応じて、ネット情報解析部132における不良解析の対象とする層の選択を行う選択手段である。この解析対象選択部135による層の選択は、例えば不良観察画像の取得条件などを参照して行うことができる。

10

【0051】

また、これらの不良解析に必要な画像などの情報、あるいは解析結果として得られた情報は、必要に応じて解析画面表示制御部14によって解析画面として表示装置40に表示される。特に、本実施形態においては、解析画面表示制御部14は、上記した不良解析部13による解析結果を示す情報、例えば、解析領域設定部136で抽出された反応領域、及び反応領域に対応して設定された解析領域についての情報、あるいは、ネット情報解析部132で抽出されたネット、及びそのネットの解析領域の通過回数についての情報などを表示装置40に表示させる（情報表示制御ステップ）。

20

【0052】

このような解析結果の表示は、例えば、図3(c)に示すように解析領域及びネットを含む画像によって表示しても良く、あるいは、ネットの名称及び通過回数のカウント数などによって表示しても良い。具体的には、解析画面表示制御部14は、解析結果として、ネット情報解析部132によって抽出されたネットを一覧表示したネットのリストを表示装置40に表示させることが好ましい。

【0053】

また、複数の解析領域が設定されている場合には、解析結果として、ネット情報解析部132によって抽出された候補ネット（例えばネットの名称）、及びそのネットの解析領域の通過回数（例えば通過回数を示すカウント数）を一覧表示したネットのリストを表示装置40に表示させることが好ましい。

30

【0054】

これにより、半導体デバイスの不良解析を行う操作者は、ネット情報解析部132による不良ネットの抽出などの解析作業を、視認性良く行うことができる。したがって、不良観察画像を用いた半導体デバイスの不良解析を、さらに確実かつ効率良く行うことが可能となる。また、ネットの解析領域の通過回数の表示については、通過回数をグラフ化して表示して、その視認性をさらに向上しても良い。

【0055】

このようなネットのリストは、例えば図5に示すネットのリスト表示ウィンドウを用いて表示することが可能である。図5に示した表示ウィンドウ510は、画面の左側に位置するネットのリスト表示領域511と、画面の右側に位置してネットのリストをグラフ化（ヒストグラム化）して表示するグラフ表示領域512とを有している。このような表示ウィンドウ510を用いることにより、解析結果の操作者による把握が容易となる。また、このようなネットのリストの表示は、複数の候補ネットのうちから不良ネットを選択する作業を行う上でも有効に活用することができる。

40

【0056】

また、設定された解析領域、及び抽出されたネットを含む画像によって解析結果を表示する場合には、図3(c)に示すように、抽出されたネットをレイアウト画像上でハイライト表示しても良い。また、抽出されたネットをマウス操作等によって選択した場合に、

50

そのネットが通過している解析領域の色を変えて表示するなど、具体的には様々な表示方法を用いて良い。また、反応領域及び解析領域の表示については、例えば、図4(b)に示すように反応領域と解析領域とがともに示された画像によって表示しても良く、あるいは、反応領域または解析領域の一方が示された画像によって表示しても良い。

【0057】

本実施形態の不良解析部13においては、検査情報取得部11が不良観察画像P2に加えてパターン画像P1を取得していることに対応して、位置調整部133が設けられている。位置調整部133は、パターン画像P1及びレイアウト画像P3を参照して、パターン画像P1及び不良観察画像P2を含む検査情報供給装置20からの観察画像と、レイアウト情報供給装置30からのレイアウト画像P3との間で位置合わせを行う(位置調整ステップ)。この位置合わせは、例えば、パターン画像P1において適当な3点を指定し、さらにレイアウト画像P3において対応する3点を指定して、それらの座標から位置合わせを行う方法を用いることができる。

10

【0058】

また、不良解析部13には、付加解析情報取得部134が設けられている。付加解析情報取得部134は、領域設定部131及びネット情報解析部132による上記した解析方法とは別の解析方法によって得られた半導体デバイスの不良についての付加的な解析情報を外部装置などから取得する(付加解析情報取得ステップ)。この取得された付加解析情報は、ネット情報解析部132で得られた解析結果と合わせて参照される。

【0059】

上記実施形態による半導体不良解析装置、及び半導体不良解析方法の効果について説明する。

20

【0060】

図1に示した半導体不良解析装置10、及び不良解析方法においては、検査情報取得部11及びレイアウト情報取得部12を介し、解析対象の半導体デバイスを検査して得られた不良観察画像P2と、半導体デバイスのレイアウトに関して必要な情報とを取得する。そして、領域設定部131において、不良観察画像P2での不良に起因する反応情報(例えば反応箇所の情報、具体的には発光画像での発光箇所の情報等)に対応して解析領域を設定し、ネット情報解析部132において、半導体デバイスを構成する各ネット(配線)のうちで解析領域を通過するネットを抽出することによって、半導体デバイスの不良解析を行っている。

30

【0061】

このような構成によれば、解析領域(例えば矩形の反応ボックス)を好適に設定することで、解析領域を通過するネットによって、半導体デバイスでの膨大な数のネットの中から、半導体デバイスでの不良となっている可能性が高いネット(被疑不良ネット)を推定することができる。例えば、不良観察画像P2での不良に起因する反応情報は、その反応箇所自体が不良箇所である場合のみでなく、例えば不良ネットなどの他の不良箇所に起因して反応が発生している箇所が含まれる。上記構成によれば、このような不良ネット等についても、解析領域を用いて好適に絞込、推定を行うことが可能である。

【0062】

さらに、上記構成では、解析領域を通過するネットとして抽出された候補ネットが複数ある場合に、複数の候補ネットからの不良ネットの選択について、複数の候補ネットのうちで解析領域の通過回数、すなわち通過する解析領域の個数が最も多い候補ネットを第1の不良ネットとして選択する。そして、次の不良ネットの選択において、第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して、第2の不良ネットの選択を行っている。

40

【0063】

これにより、半導体デバイスのレイアウトに含まれる複数のネットからの不良ネットの抽出を効率的に実行することができる。したがって、不良観察画像P2を用いた半導体デバイスの不良解析を確実かつ効率良く行うことが可能となる。また、抽出された候補ネットから所定の順序で不良ネットを選択していく上記構成によれば、解析領域とレイアウト

50

情報とを参照して行われる不良ネットの抽出を自動で実行して、不良解析の効率をさらに向上させることも可能である。

【 0 0 6 4 】

また、上記した半導体不良解析装置 1 0 と、検査情報供給装置 2 0 と、レイアウト情報供給装置 3 0 と、表示装置 4 0 とによって構成される不良解析システム 1 によれば、不良観察画像 P 2 を用いた半導体デバイスの不良解析を確実かつ効率良く行うことが可能な半導体不良解析システムが実現される。

【 0 0 6 5 】

ここで、不良解析部 1 3 のネット情報解析部 1 3 2 における第 1 の不良ネットに続く第 2 の不良ネットの具体的な選択方法については、第 1 の不良ネットが通過しない解析領域のうちの一の解析領域を指定し、第 1 の不良ネットを除く候補ネットのそれぞれが指定された一の解析領域を通過するかどうかを参照して第 2 の不良ネットの選択を行う方法を用いることができる。あるいは、第 1 の不良ネットを除く候補ネットについて、第 1 の不良ネットが通過する解析領域の通過回数、及び第 1 の不良ネットが通過しない解析領域の通過回数を参照して第 2 の不良ネットの選択を行う方法を用いることができる。このような不良ネットの選択方法については、具体的にはさらに後述する。

10

【 0 0 6 6 】

また、ネット情報解析部 1 3 2 においては、第 1 の不良ネット及び第 2 の不良ネットを含む不良ネットの選択結果が所定の条件を満たさない場合、第 1 の不良ネットまたは第 2 の不良ネットの少なくとも一方を他の候補ネットに変更することとしても良い。このように、抽出された候補ネットから所定の順序で選択された不良ネットについて、必要に応じて他の候補ネットに変更することが可能な構成とすることにより、半導体デバイスの不良解析の確実性が向上される。

20

【 0 0 6 7 】

不良解析部 1 3 の領域設定部 1 3 1 における解析領域の設定については、上記実施形態においては、複数の画素を有する 2 次元画像である不良観察画像での輝度分布に対して輝度閾値を適用して反応領域を抽出し、この反応領域に基づいて解析領域を設定している。これにより、不良解析に用いられる解析領域を好適に設定することができる。

【 0 0 6 8 】

また、反応領域に対応する解析領域の設定方法については、例えば、解析領域の形状を矩形とし、不良観察画像において抽出された反応領域に対して外接するように解析領域を設定する方法を用いることができる。あるいは、反応領域に対して左右上下にそれぞれ幅 w の余白が付加された状態で解析領域を設定する方法を用いても良い。このような余白の付加は、例えば、観察画像取得時に半導体デバイスを載置するステージの位置精度等を考慮して、不良観察画像 P 2 での反応領域に対して広めに解析領域を設定する必要があるなどの場合に有効である。また、解析領域の設定方法については、これらの方法以外にも様々な方法を用いて良い。

30

【 0 0 6 9 】

また、上記した例のように解析領域設定部 1 3 6 において輝度閾値を適用して反応領域を抽出する場合、さらに、反応領域の面積と、所定の面積閾値とを比較することによって解析領域の設定に用いられる反応領域を選択し、選択された反応領域に対応して解析領域を設定しても良い。これにより、抽出された反応領域のうちで不良解析に不要な領域（例えばノイズやゴミに起因する小さい領域）を除外した上で解析領域の設定を行うことが可能となる。これにより、不良観察画像を用いた半導体デバイスの不良解析の確実性が向上される。

40

【 0 0 7 0 】

解析領域設定部 1 3 6 における解析領域の設定については、解析領域を半導体デバイスのレイアウトに対応するレイアウト座標系で設定することが好ましい。このように、不良観察画像 P 2 から抽出される解析領域を、検査情報側の画像上での座標系ではなくレイアウト情報側のレイアウト座標系で設定することにより、半導体デバイスのレイアウトに含

50

まれる複数のネットからの不良ネットの抽出を、レイアウト座標系で設定された解析領域を参照して効率良く実行することが可能となる。

【 0 0 7 1 】

また、このように解析領域をレイアウト座標系で表現することにより、半導体デバイスの不良解析における解析領域の利用範囲を広げることができる。これにより、解析領域を用いた半導体デバイスの不良解析における具体的な解析方法の自由度を向上することが可能となる。あるいは、解析領域を画像上の座標系で設定しても良い。不良観察画像 P 2 等における画像上の座標系は、例えば上記したように、半導体検査装置でのステージ座標系に対応して設定される。

【 0 0 7 2 】

また、上記したように解析領域の設定においてレイアウト座標系を適用する場合、パターン画像 P 1 及び不良観察画像 P 2 などの半導体デバイスの観察画像についても、レイアウト座標系に変換して格納することとしても良い。また、パターン画像 P 1、不良観察画像 P 2、及びレイアウト画像 P 3 の相互の関係については、観察画像 P 1、P 2 と、レイアウト画像 P 3 との間で位置合わせを行うことが好ましい。

【 0 0 7 3 】

図 6 は、半導体デバイスの観察画像及びレイアウト画像の対応について模式的に示す図であり、図 6 (a) はパターン画像 P 1、不良観察画像 P 2、及びレイアウト画像 P 3 の対応関係を示し、図 6 (b) はそれらをパターン画像 P 1、レイアウト画像 P 3、及び不良観察画像 P 2 の順で重畳させた重畳画像 P 6 を示している。この図 6 に示すように、観察画像として取得されるパターン画像 P 1 と、半導体デバイスのレイアウト画像 P 3 とは一定の対応関係を有する。したがって、不良解析部 1 3 の位置調整部 1 3 3 において、パターン画像 P 1 とレイアウト画像 P 3 との各部の対応関係を参照して画像の位置合わせを行うことが可能である。

【 0 0 7 4 】

このように、不良観察画像 P 2 に対して位置が合った状態で取得されるパターン画像 P 1 を用いてレイアウト画像 P 3 との位置合わせを行うことにより、半導体デバイスのレイアウトに含まれるネットなどについての不良解析の精度を向上することができる。また、このような位置合わせの具体的な方法については、例えば、パターン画像 P 1 の回転 (補正)、レイアウト画像 P 3 の移動 (位置の微調整)、レイアウト画像のズーム (拡大 / 縮小) など、必要に応じて様々な方法を用いることが可能である。

【 0 0 7 5 】

また、解析領域を用いた半導体デバイスの不良解析については、不良解析部 1 3 の領域設定部 1 3 1 は、解析領域に対して属性を設定することが可能に構成されていることが好ましい。また、この場合、ネット情報解析部 1 3 2 は、解析領域に対して設定された属性を参照して、その解析領域についてネットの抽出に用いるかどうか (不良解析に用いるかどうか) を選択することとしても良い。

【 0 0 7 6 】

さらに、複数の解析領域が設定されている場合には、領域設定部 1 3 1 は、複数の解析領域のそれぞれに対して属性を設定することが可能に構成されていることが好ましい。また、この場合、ネット情報解析部 1 3 2 は、複数の解析領域のそれぞれに対して設定された属性を参照して、それぞれの解析領域についてネットの抽出及び通過回数の取得に用いるかどうかを選択することとしても良い。

【 0 0 7 7 】

図 1 に示した半導体不良解析装置 1 0 において実行される不良解析方法に対応する処理は、半導体不良解析をコンピュータに実行させるための半導体不良解析プログラムによって実現可能である。例えば、不良解析装置 1 0 は、半導体不良解析の処理に必要な各ソフトウェアプログラムを動作させる CPU と、上記ソフトウェアプログラムなどが記憶される ROM と、プログラム実行中に一時的にデータが記憶される RAM とによって構成することができる。このような構成において、CPU によって所定の不良解析プログラムを実

10

20

30

40

50

行することにより、上記した不良解析装置 10 を実現することができる。

【0078】

また、半導体不良解析のための各処理をCPUによって実行させるための上記プログラムは、コンピュータ読取可能な記録媒体に記録して頒布することが可能である。このような記録媒体には、例えば、ハードディスク及びフレキシブルディスクなどの磁気媒体、CD-ROM及びDVD-ROMなどの光学媒体、フロッピィカルディスクなどの磁気光学媒体、あるいはプログラム命令を実行または格納するように特別に配置された、例えばRAM、ROM、及び半導体不揮発性メモリなどのハードウェアデバイスなどが含まれる。

【0079】

図7は、図1に示した検査情報供給装置20として適用が可能な半導体検査装置の一例を示す構成図である。また、図8は、図7に示した半導体検査装置を側面から示す構成図である。

10

【0080】

本構成例による半導体検査装置20Aは、観察部21と、制御部22とを備えている。検査対象（不良解析装置10による解析対象）となる半導体デバイスSは、観察部21に設けられたステージ218上に載置されている。さらに、本構成例においては、半導体デバイスSに対して不良解析に必要な電気信号等を印加するためのテストフィクスチャ219が設置されている。半導体デバイスSは、例えば、その裏面が対物レンズ220に對面するように配置される。

【0081】

20

観察部21は、暗箱内に設置された高感度カメラ210と、レーザスキャン光学系(LSM:Laser Scanning Microscope)ユニット212と、光学系222、224と、XYZステージ215とを有している。これらのうち、カメラ210及びLSMユニット212は、半導体デバイスSの観察画像(パターン画像P1、不良観察画像P2)を取得するための画像取得手段である。

【0082】

また、光学系222、224、及び光学系222、224の半導体デバイスS側に設けられた対物レンズ220は、半導体デバイスSからの画像(光像)を画像取得手段へと導くための導光光学系を構成している。本構成例においては、図7及び図8に示すように、それぞれ異なる倍率を有する複数の対物レンズ220が切り換え可能に設置されている。また、テストフィクスチャ219は、半導体デバイスSの不良解析のための検査を行う検査手段である。また、LSMユニット212は、上記した画像取得手段としての機能と合わせて、検査手段としての機能も有している。

30

【0083】

光学系222は、対物レンズ220を介して入射された半導体デバイスSからの光をカメラ210へと導くカメラ用光学系である。カメラ用光学系222は、対物レンズ220によって所定の倍率で拡大された画像をカメラ210内部の受光面に結像させるための結像レンズ222aを有している。また、対物レンズ220と結像レンズ222aとの間には、光学系224のビームスプリッタ224aが介在している。高感度カメラ210としては、例えば冷却CCDカメラ等が用いられる。

40

【0084】

このような構成において、不良の解析対象となっている半導体デバイスSからの光は、対物レンズ220及びカメラ用光学系222を含む光学系を介してカメラ210へと導かれる。そして、カメラ210によって、半導体デバイスSのパターン画像P1などの観察画像が取得される。また、半導体デバイスSの不良観察画像P2である発光画像を取得することも可能である。この場合には、テストフィクスチャ219によって電圧を印加した状態で半導体デバイスSから発生した光が光学系を介してカメラ210へと導かれ、カメラ210によって発光画像が取得される。

【0085】

LSMユニット212は、赤外レーザ光を照射するためのレーザ光導入用光ファイバ2

50

12aと、光ファイバ212aから照射されたレーザ光を平行光とするコリメータレンズ212bと、レンズ212bによって平行光とされたレーザ光を反射するビームスプリッタ212eと、ビームスプリッタ212eで反射されたレーザ光をXY方向に走査して半導体デバイスS側へと出射するXYスキャナ212fとを有している。

【0086】

また、LSMユニット212は、半導体デバイスS側からXYスキャナ212fを介して入射され、ビームスプリッタ212eを透過した光を集光するコンデンサレンズ212dと、コンデンサレンズ212dによって集光された光を検出するための検出用光ファイバ212cとを有している。

【0087】

光学系224は、半導体デバイスS及び対物レンズ220と、LSMユニット212のXYスキャナ212fとの間で光を導くLSMユニット用光学系である。LSMユニット用光学系224は、半導体デバイスSから対物レンズ220を介して入射された光の一部を反射するビームスプリッタ224aと、ビームスプリッタ224aで反射された光の光路をLSMユニット212に向かう光路へと変換するミラー224bと、ミラー224bで反射された光を集光するレンズ224cとを有している。

【0088】

このような構成において、レーザ光源からレーザ光導入用光ファイバ212aを介して出射された赤外レーザ光は、レンズ212b、ビームスプリッタ212e、XYスキャナ212f、光学系224、及び対物レンズ220を通過して半導体デバイスSへと照射される。

【0089】

この入射光に対する半導体デバイスSからの反射散乱光は、半導体デバイスSに設けられている回路パターンを反映している。半導体デバイスSからの反射光は、入射光とは逆の光路を通過してビームスプリッタ212eへと到達し、ビームスプリッタ212eを透過する。そして、ビームスプリッタ212eを透過した光は、レンズ212dを介して検出用光ファイバ212cへと入射し、検出用光ファイバ212cに接続された光検出器によって検出される。

【0090】

検出用光ファイバ212cを介して光検出器によって検出される光の強度は、上記したように、半導体デバイスSに設けられている回路パターンを反映した強度となっている。したがって、XYスキャナ212fによって赤外レーザ光が半導体デバイスS上をX-Y走査することにより、半導体デバイスSのパターン画像P1などを鮮明に取得することができる。

【0091】

制御部22は、カメラ制御部251aと、LSM制御部251bと、OBIRCH制御部251cと、ステージ制御部252とを有している。これらのうち、カメラ制御部251a、LSM制御部251b、及びOBIRCH制御部251cは、観察部21における画像取得手段及び検査手段等の動作を制御することによって、観察部21で実行される半導体デバイスSの観察画像の取得や観察条件の設定などを制御する観察制御手段を構成している。

【0092】

具体的には、カメラ制御部251a及びLSM制御部251bは、それぞれ高感度カメラ210及びLSMユニット212の動作を制御することによって、半導体デバイスSの観察画像の取得を制御する。また、OBIRCH制御部251cは、不良観察画像として用いることが可能なOBIRCH(Optical Beam Induced Resistance Change)画像を取得するためのものであり、レーザ光を走査した際に発生する半導体デバイスSでの電流変化等を抽出する。

【0093】

ステージ制御部252は、観察部21におけるXYZステージ215の動作を制御する

10

20

30

40

50

ことによって、本検査装置 20A における検査箇所となる半導体デバイス S の観察箇所の設定、あるいはその位置合わせ、焦点合わせ等を制御する。

【0094】

また、これらの観察部 21 及び制御部 22 に対して、検査情報処理部 23 が設けられている。検査情報処理部 23 は、観察部 21 において取得された半導体デバイス S の観察画像のデータ収集、パターン画像 P1 及び不良観察画像 P2 を含む検査情報の不良解析装置 10 への供給（図 1 参照）などの処理を行う。また、必要があれば、この検査情報処理部 23 に対して、表示装置 24 を接続する構成としても良い。なお、図 8 においては、検査情報処理部 23 及び表示装置 24 について図示を省略している。

【0095】

本発明による半導体不良解析装置、不良解析方法、及び不良解析プログラムについて、さらに具体的に説明する。

【0096】

まず、図 1 及び図 2 に示した半導体不良解析装置 10 において、不良解析部 13 のネット情報解析部 132 で行われる不良ネットの選択方法の具体的な例について説明する。図 9 ~ 図 14 は、不良ネットの選択方法の第 1 の例を示す図である。

【0097】

ここでは、具体的な方法の一例として、表示装置 40 に表示される解析結果の表示ウィンドウについて、解析領域及び選択された不良ネット等を表示する解析状況表示ウィンドウと、抽出された複数の候補ネットについてのネットのリストをグラフ化して表示するネットのリスト表示ウィンドウとを用い、それらの表示内容を参照しながら不良ネットの選択を行う方法を説明する。なお、これらのウィンドウの表示については、画面上で別々のウィンドウを用いても良く、あるいは、単一のウィンドウ内に両者を表示しても良い。また、解析結果の具体的な表示方法については、これらの例以外にも様々な方法を用いて良い。

【0098】

本実施例では、図 9 (a) の解析状況表示ウィンドウに示すように、領域設定部 131 において、不良観察画像に基づいて 9 個の解析領域 B1 ~ B9 が設定されている。これに対して、ネット情報解析部 132 において解析領域 B1 ~ B9 を参照して解析が行われ、図 11 (a) のネットのリスト表示ウィンドウに示す 8 個の候補ネット、及びそれぞれの候補ネットの解析領域の通過回数が抽出され、通過回数が多い順に表示される。

【0099】

このような抽出された複数の候補ネットについて、図 11 (b) に示すように、ネット 1 ~ ネット 8 のうちで最も解析領域の通過頻度が高い「ネット 1」が第 1 の不良ネットとして選択される。この第 1 の不良ネットは、図 9 (b) に示すように、解析状況表示ウィンドウにおいてネット C1 としてハイライト表示される。この例では、第 1 の不良ネット C1 は 5 個の解析領域 B1、B2、B4、B5、B8 を通過している。

【0100】

次に、ネット情報解析部 132 において、第 1 の不良ネット C1 が通過しない解析領域に着目して第 2 の不良ネットの選択が行われる。本実施例では、第 1 の不良ネットが通過しない解析領域のうちで一の解析領域を指定し、第 1 の不良ネットを除く候補ネットのそれぞれが指定された一の解析領域を通過するかどうかを参照して第 2 の不良ネットの選択を行う方法を用いている。

【0101】

具体的には、図 9 (c) に示すように、第 1 の不良ネット C1 が通過しない解析領域のうちで、解析領域 B6 が操作者等によって選択される。これに対応して、図 12 (a) に示すように、選択された解析領域 B6 を通過するネット 2、4、5、7 がネットのリストにおいてハイライト表示される。さらに、図 12 (b) に示すように、これらのネット 2、4、5、7 が上位になるようにネットのリストがソートされる。

【0102】

10

20

30

40

50

続いて、図10(a)に示すように、第1の不良ネットC1が通過しない解析領域のうちで、解析領域B6に続く2個目の解析領域B3が選択される。これに対応して、図13(a)に示すように、選択された解析領域B6、B3の両者を通過するネット2、4、7がネットのリストにおいてハイライト表示される。さらに、図13(b)に示すように、これらのネット2、4、7が上位になるようにネットのリストがソートされる。

【0103】

さらに、図10(b)に示すように、第1の不良ネットC1が通過しない解析領域のうちで、解析領域B6、B3に続く3個目の解析領域B9が選択される。これに対応して、図14(a)に示すように、選択された解析領域B6、B3、B9を全て通過するネット4がハイライト表示される。さらに、図14(b)に示すように、このネット4が上位になるようにネットのリストがソートされる。

10

【0104】

以上の操作により、第1の不良ネットC1の次に疑わしい候補ネットが1個に絞られたので、この「ネット4」が最終的に第2の不良ネットとして選択される。この第2の不良ネットは、図10(c)に示すように、解析状況表示ウィンドウにおいてネットC2としてハイライト表示される。

【0105】

なお、このような解析手順において、第2の不良ネットを選択した後にさらに解析領域が残っている場合には、同様の解析手順によって第3の不良ネットの選択を行うことが可能である。また、第2の不良ネットの選択結果において何らかの矛盾が生じているなど、問題がある場合には、選択する解析領域を変えて、あらためて第2の不良ネットの選択をやり直すことが好ましい。また、必要があれば、第1の不良ネットを他の候補ネットに変更しても良い。

20

【0106】

また、上記した例では、第1の不良ネットC1が通過しない解析領域のうちから3個の解析領域B6、B3、B9を順次に選択して第2の不良ネットの選択を行っているが、具体的には様々な手順で解析を行うことが可能である。例えば、1個の解析領域B6を選択した後の図12(b)に示すネットのリストの段階で、解析領域B6を通過するネット2、4、5、7のうちで最も解析領域の通過頻度が高い「ネット2」を第2の不良ネットとして選択して、その解析結果を確認し、必要に応じて不良ネットの変更、あるいは2個目の解析領域の選択等の操作を行う方法を用いても良い。

30

【0107】

図15～図17は、不良ネットの選択方法の第2の例を示す図である。本実施例では、ネット情報解析部132において領域設定部131で設定された解析領域を参照してネット解析が行われる。そして、図15(a)のネットのリスト表示ウィンドウに示す20個の候補ネット、及びそれぞれの候補ネットの解析領域の通過回数が抽出され、通過回数が多い順に表示される。ここで、最も解析領域の通過頻度が高いネット1は、10個の解析領域を通過しており、この「ネット1」が第1の不良ネットC1として選択される。

【0108】

次に、ネット情報解析部132において、第1の不良ネットC1が通過しない解析領域に着目して第2の不良ネットの選択が行われる。本実施例では、第1の不良ネットを除く候補ネットについて、それぞれの候補ネットの第1の不良ネットが通過する解析領域の通過回数、及び第1の不良ネットが通過しない解析領域の通過回数を参照して第2の不良ネットの選択を行う方法を用いている。

40

【0109】

具体的には、図15(b)に示すように、ネット1～ネット20のそれぞれについて、第1の不良ネットC1が通過する解析領域の通過回数を、グラフ内のボックス(図中の白ボックス)の個数によって表示する。例えば、ネット2をみると、ネット1が通過する解析領域の通過回数(ネット1とネット2とがともに通過する解析領域の個数)が3個、ネット1が通過しない解析領域の通過回数(ネット1が通過せず、ネット2が通過する解析

50

領域の個数)が4個であることがわかる。

【0110】

このようなネットのリストにおいて、ネット1が通過する解析領域を1個も通過していない「ネット6」を、第1の不良ネットC1の次に疑わしい第2の不良ネットC2として選択する。そして、図16(a)に示すように、それぞれのネットについて、第2の不良ネットC2が通過する解析領域の通過回数を、同様にグラフ内のボックス(図中の斜線ボックス)の個数によって表示する。

【0111】

さらに、ネット1、ネット2の少なくとも一方が通過する解析領域を1個も通過していない「ネット19」を、次に疑わしい第3の不良ネットC3として選択する。そして、図16(b)に示すように、それぞれのネットについて、第3の不良ネットC3が通過する解析領域の通過回数を、同様にグラフ内のボックス(図中の黒ボックス)の個数によって表示する。また、これらの選択された不良ネットC1、C2、C3、及びそれらが通過する解析領域を、図17に示すように解析状況表示ウィンドウに表示する。

10

【0112】

なお、このような解析手順において、上記した例では第1の不良ネットが通過する解析領域を1個も通過していない候補ネットを第2の不良ネットとして選択しているが、このような方法に限らず、例えば、第1の不良ネットが通過する解析領域を通過しているが、その通過割合が小さい候補ネットを第2の不良ネットとするなど、具体的には様々な選択方法を用いて良い。また、解析状況表示ウィンドウで確認した結果、さらなる不良ネットの選択、あるいは選択された不良ネットの変更等が必要と判断された場合には、そのような操作をさらに行っても良い。

20

【0113】

次に、図1及び図2に示した半導体不良解析装置10において、不良解析部13の領域設定部131で行われる領域設定等について、さらに説明する。

【0114】

上記した不良解析装置10では、解析領域設定部136で解析領域を設定し、この解析領域を参照して半導体デバイスのネットなどについての不良解析を行っている。ここで、この解析領域の設定については、上記したようにレイアウト座標系上の領域として設定することにより、他のデータとの間での領域データの共用が可能となるなど、解析領域の利用範囲を広げることができる。

30

【0115】

そのような解析領域の利用方法の一例として、良品の半導体デバイスに対して取得される観察画像を標準とし、この標準観察画像を参照して、他の半導体デバイスを検査する際の不良観察画像P2に対して必要なマスク処理を行う方法がある。この場合、具体的には例えば、不良解析部13のマスク領域設定部137において、良品の半導体デバイスの観察画像を参照してマスク領域を設定する方法を用いることができる。これに対して、解析領域設定部136は、マスク領域設定部137で設定されたマスク領域によってマスク処理された不良観察画像P2を用いて、反応領域の抽出、及び解析領域の設定を行うことが好ましい。

40

【0116】

このように、良品の半導体デバイスなどを対象として取得された標準観察画像を用い、良品発光等に起因する領域に対応してマスク領域を設定することにより、不良観察画像から抽出された反応領域のうちで不良に起因するものではない領域を除外した上で解析領域の設定を行うことが可能となる。これにより、不良観察画像を用いた半導体デバイスの不良解析の確実性が向上される。

【0117】

例えば、半導体デバイスのオープン不良の解析を行う場合、LSIを動作させた状態で発光解析を行うことが有効な場合があるが、このような解析では、本来の不良箇所以外の部分でも発光が生じることが多い。また、これ以外にも、他の要因で不良箇所以外の部分

50

で発光が生じる場合がある。これに対して、良品の半導体デバイスに対して発光解析を行っておき、その結果を参照して不良観察画像 P 2 に対してマスク処理を行うことにより、本来の不良箇所についての不良解析を確実に実行することが可能となる。なお、不良観察画像 P 2 に対するマスク処理の具体的な方法については、例えばマスク領域内で各画素の輝度値を 0 とする方法、あるいはマスク領域内にある反応領域、解析領域を消去する方法などを用いることができる。

【 0 1 1 8 】

また、このようなマスク領域の指定については、例えば領域にマスク属性を付与するなど、具体的には様々な方法を用いて良い。また、半導体デバイスにおいてレイアウト上、発光が生じることが事前に予測される箇所があるなどの場合には、そのような箇所についてあらかじめレイアウト座標系でマスク領域を設定しても良い。また、不良観察画像に対するマスク処理については、上記したようにソフト的に画像の加工処理を行うことでマスク処理を行うことが好ましい。また、このような方法以外にも、例えば、観察画像取得時に半導体デバイスと撮像装置との間にマスク用のフィルタ（例えばパターンを制御可能な液晶マスク）を配置するなどの方法でハード的にマスク処理を行っても良い。

10

【 0 1 1 9 】

良品などの標準の半導体デバイスに対して取得された標準観察画像を、不良観察画像とあわせて不良解析に用いる場合、標準観察画像と不良観察画像との間で差分を取ることで不良解析処理を行う方法も有効である。具体的には例えば、良品の標準観察画像での解析領域と、不良品の不良観察画像での解析領域との間で差分を取り、それぞれにおいて設定されている解析領域のうちで重なった共通部分を含むものを除外する。これにより、良品で OFF、不良品で ON の解析領域、及び良品で ON、不良品で OFF の解析領域などの不一致部分を疑わしい領域として抽出することができる。

20

【 0 1 2 0 】

また、不良解析に用いられる不良観察画像 P 2 としては、図 3 及び図 4 においては発光画像を例示したが、例えば、OBIRCH 画像などの他の観察画像を不良観察画像 P 2 として用いた場合でも、同様の不良解析方法を適用可能である。また、不良観察画像としては、単一条件での 1 回の観察で得られた画像を用いることができるが、それに限らず、例えば図 1 8 に示すように、それぞれ異なる条件で取得された複数の不良観察画像を重ね合わせて生成された不良観察画像を用いても良い。

30

【 0 1 2 1 】

図 1 8 に示す例においては、図 1 8 (a) は、第 1 の条件で取得された発光画像から抽出された反応領域 A 1、及び解析領域 B 1 を示している。また、図 1 8 (b) は、第 1 の条件とは異なる第 2 の条件で取得された発光画像から抽出された反応領域 A 2、及び解析領域 B 2 を示している。また、図 1 8 (c) は、OBIRCH 画像から抽出された反応領域 A 3、及び解析領域 B 3 を示している。

【 0 1 2 2 】

これらの図 1 8 (a) ~ (c) に示した 3 種類の不良観察画像に対し、図 1 8 (d) に示すようにそれらの画像（解析領域）を重ね合わせる。これにより、図 1 8 (e) に示すように、解析領域 B 1 ~ B 3 の 3 つの解析領域を利用してネット C についての不良解析を実行することが可能となる。また、このような不良観察画像の重ね合わせ（解析領域の重ね合わせ）を行う場合にも、その座標系が共通のレイアウト座標系となっていることが好ましい。

40

【 0 1 2 3 】

また、解析領域を用いた不良解析においては、半導体デバイスでの反応の発生状況、及び画像取得条件などに応じて、半導体デバイスで解析対象となる層を指定することが好ましい。図 1 及び図 2 に示した半導体不良解析装置 1 0 では、このような指定を行うため、不良解析部 1 3 において、半導体デバイスの積層構造に対し、不良解析の対象とする層の選択を行う解析対象選択部 1 3 5 を設けている。このような構成によれば、不良観察画像の具体的な取得方法等を参照し、必要に応じて不良解析の対象とする層を選択、指定する

50

ことが可能となる。これにより、不良観察画像を用いた半導体デバイスの不良解析の確実性が向上される。このような方法としては、具体的には、解析領域を設定してネット抽出を行う際、解析領域内を通過するネットの抽出について所望の層を指定し、不良解析については全層を指定する等の方法がある。また、このような層の選択は、1つの層であっても良く、あるいは複数の層であっても良い。

【0124】

図19は、解析対象とする層の選択方法の例を示す図である。不良観察画像としてOBIRCH画像を用いる場合、図19に示すように、半導体デバイスの積層構造のうちで測定用のレーザー光が到達可能な範囲は限られている。例えば、半導体デバイスに対して表面側から解析を行おうとすると幅広の電源ライン等でレーザー光が遮断されるため、裏面解析が不可欠である。一方、半導体デバイスの裏面側からレーザー光を入射させる場合、例えば最下層から4層くらいまでしかレーザー光が到達しない。したがって、不良観察画像がOBIRCH画像である場合には、このレーザー光が到達可能な範囲にある層を解析対象とする制限を行なうことが好ましい。

10

【0125】

本発明による半導体不良解析装置、不良解析方法、及び不良解析プログラムは、上記した実施形態及び構成例に限られるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、第1の不良ネットが通過しない解析領域に着目して行われる第2の不良ネットの選択方法については、上記した例に限らず、具体的には様々な選択方法を用いて良い。

【産業上の利用可能性】

20

【0126】

本発明は、不良観察画像を用いた半導体デバイスの不良の解析を確実かつ効率良く行うことが可能な半導体不良解析装置、不良解析方法、及び不良解析プログラムとして利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0127】

【図1】半導体不良解析装置を含む不良解析システムの一実施形態の構成を示すブロック図である。

【図2】不良解析部の具体的な構成を示すブロック図である。

【図3】半導体不良解析方法について模式的に示す図である。

30

【図4】反応領域の抽出及び解析領域の設定について模式的に示す図である。

【図5】表示ウィンドウの一例を示す構成図である。

【図6】観察画像及びレイアウト画像の対応について模式的に示す図である。

【図7】半導体検査装置の一例を示す構成図である。

【図8】図7に示した半導体検査装置を側面から示す構成図である。

【図9】解析状況表示ウィンドウの表示例を示す図である。

【図10】解析状況表示ウィンドウの表示例を示す図である。

【図11】ネットのリスト表示ウィンドウの表示例を示す図である。

【図12】ネットのリスト表示ウィンドウの表示例を示す図である。

【図13】ネットのリスト表示ウィンドウの表示例を示す図である。

40

【図14】ネットのリスト表示ウィンドウの表示例を示す図である。

【図15】ネットのリスト表示ウィンドウの表示例を示す図である。

【図16】ネットのリスト表示ウィンドウの表示例を示す図である。

【図17】解析状況表示ウィンドウの表示例を示す図である。

【図18】不良観察画像を用いた解析処理の例について模式的に示す図である。

【図19】OBIRCH画像での解析対象とする層の選択について示す図である。

【符号の説明】

【0128】

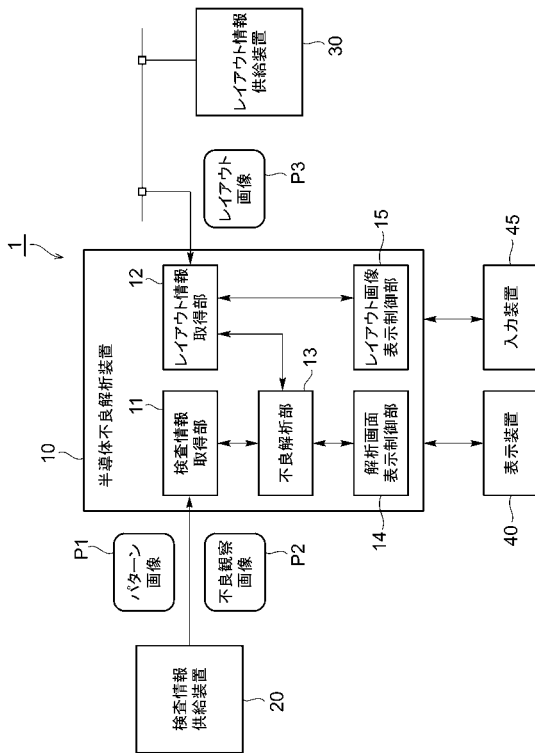
1...半導体不良解析システム、10...半導体不良解析装置、11...検査情報取得部、12...レイアウト情報取得部、13...不良解析部、131...領域設定部、136...解析領域

50

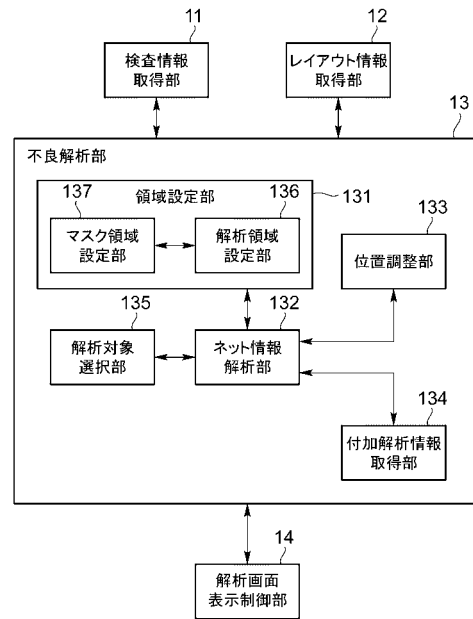
設定部、137...マスク領域設定部、132...ネット情報解析部、133...位置調整部、
 134...付加解析情報取得部、135...解析対象選択部、14...解析画面表示制御部、1
 5...レイアウト画像表示制御部、20...検査情報供給装置、20A...半導体検査装置、2
 1...観察部、22...制御部、23...検査情報処理部、24...表示装置、30...レイアウト
 情報供給装置、40...表示装置、45...入力装置、

P1...パターン画像、P2...不良観察画像、P3...レイアウト画像、P6...重畳画像、
 A1~A6...発光領域、B1~B9...解析領域、C、C1~C4...ネット。

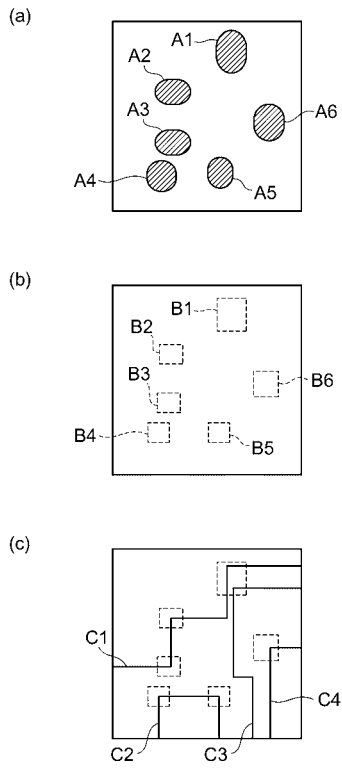
【図1】



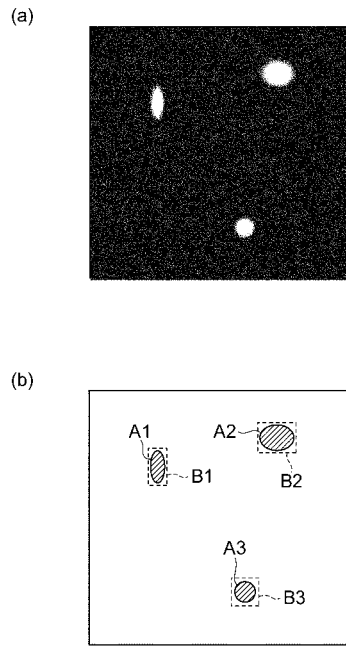
【図2】



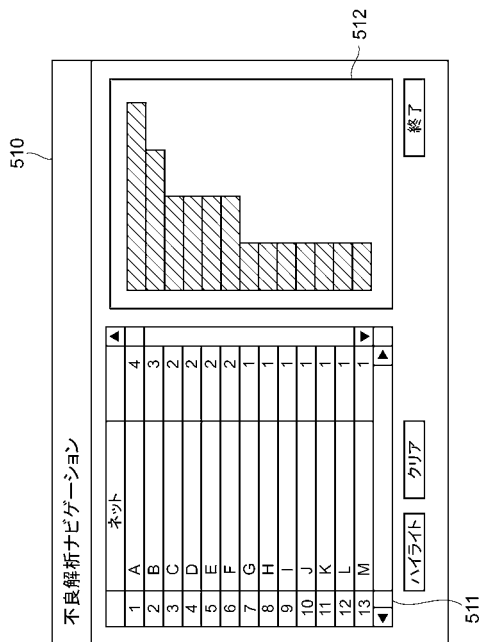
【 図 3 】



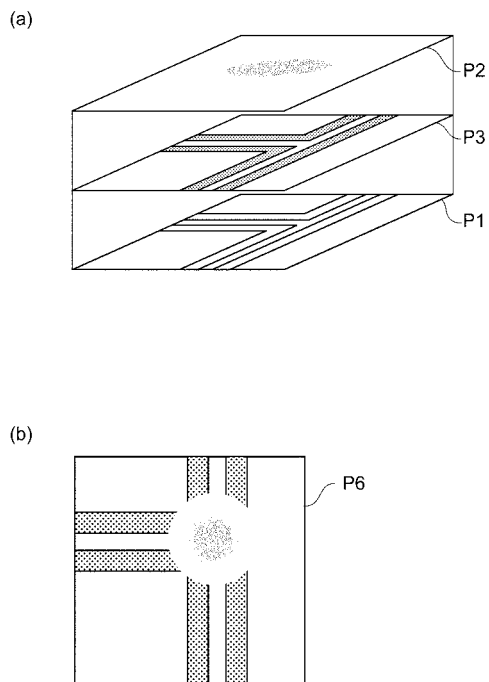
【 図 4 】



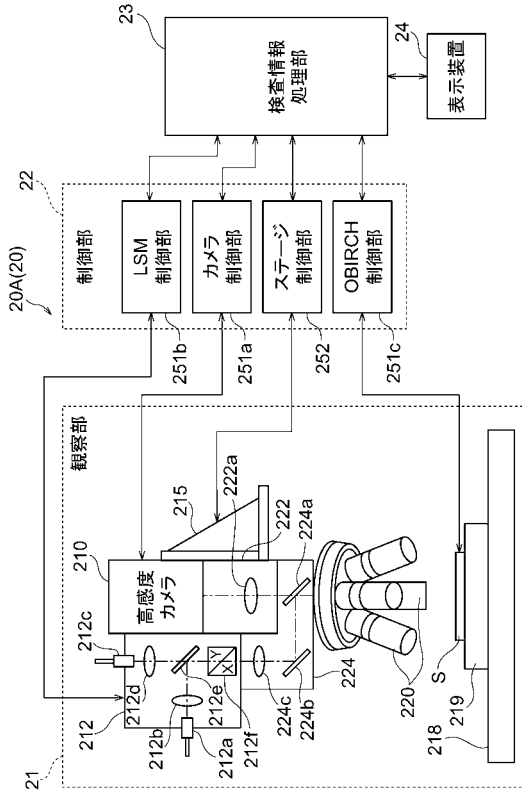
【 図 5 】



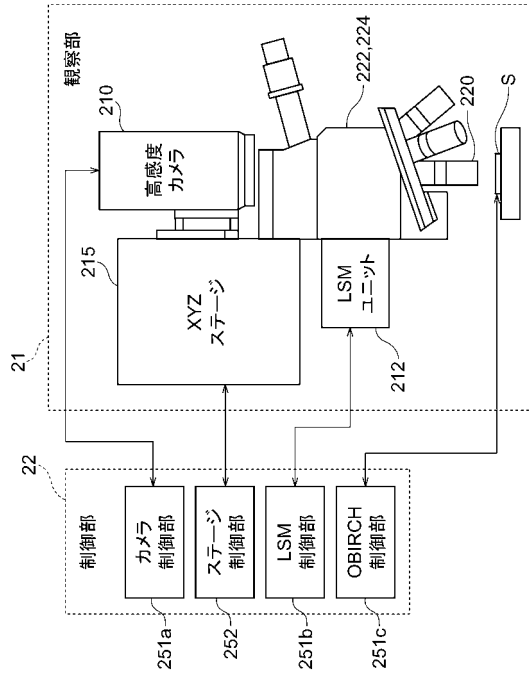
【 図 6 】



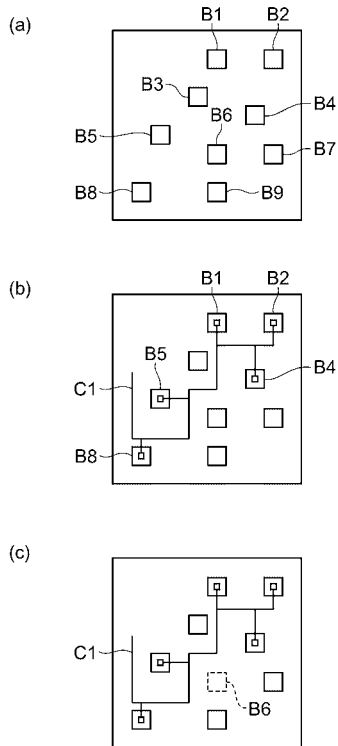
【図7】



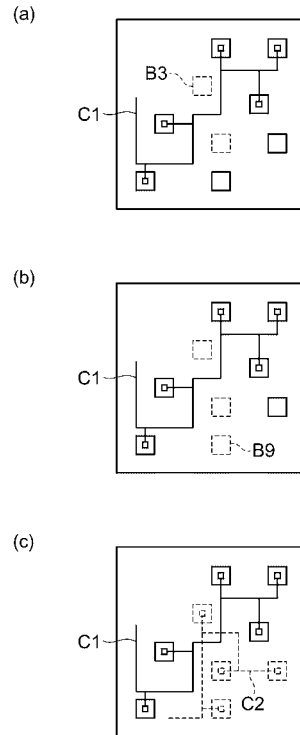
【図8】



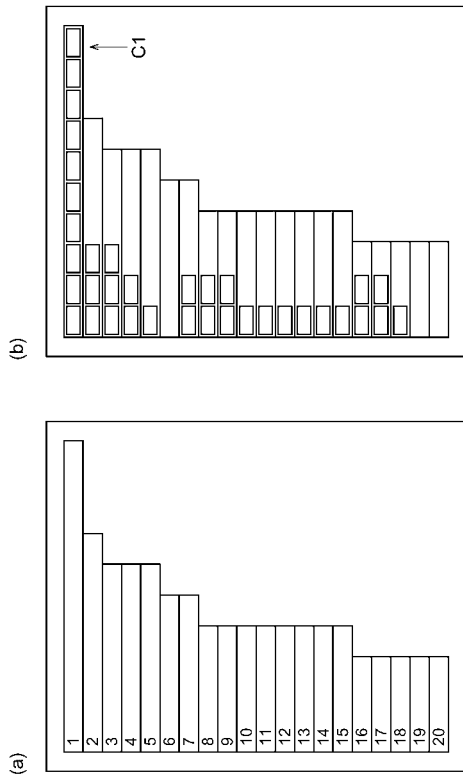
【図9】



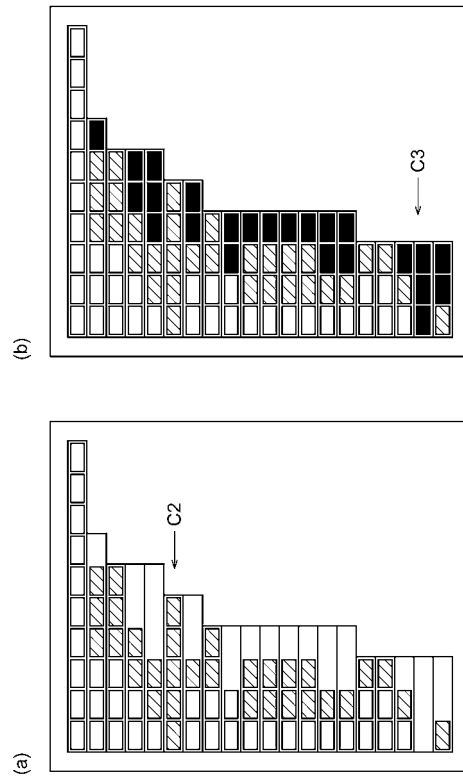
【図10】



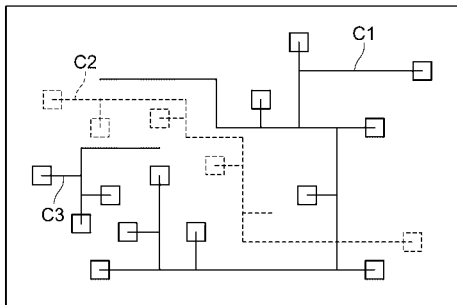
【 図 15 】



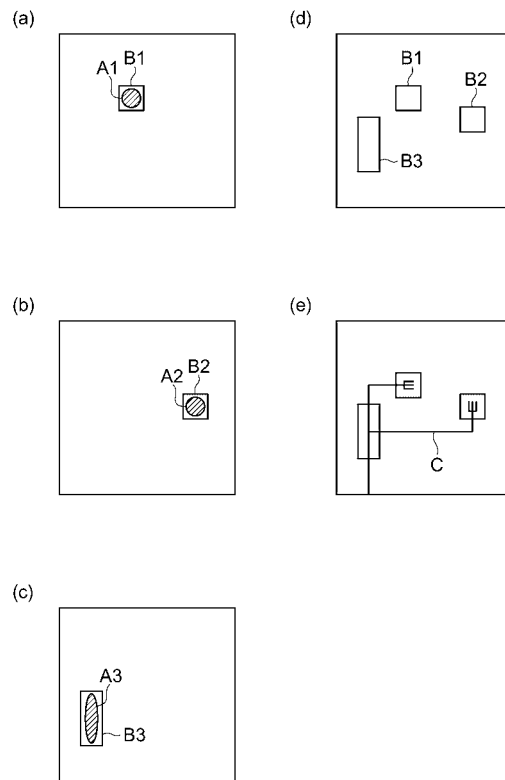
【 図 16 】



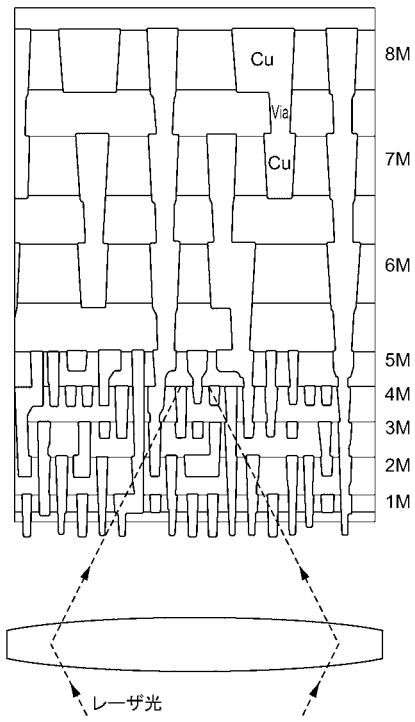
【 図 17 】



【 図 18 】



【図 19】



フロントページの続き

- (72)発明者 嶋瀬 朗
東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株式会社ルネサステクノロジ内
- (72)発明者 寺田 浩敏
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 堀田 和宏
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 滝谷 亮一

- (56)参考文献 特開2003-086689(JP,A)
特開2003-303746(JP,A)
特開2007-003306(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/66