(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2007-127499
(P2007-127499A)
(43)公開日　平成19年5月24日(2007.5.24)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01R 31/302	(2006.01)	G01R	31/28	L	2G053
G01N 27/00	(2006.01)	G01N	27/00	Z	2G060
G01N 27/82	(2006.01)	G01N	27/82		2G132
H01L 21/66	(2006.01)	H01L	21/66	J	4M106

審査請求 未請求　請求項の数 13　ＯＬ　（全 16 頁）

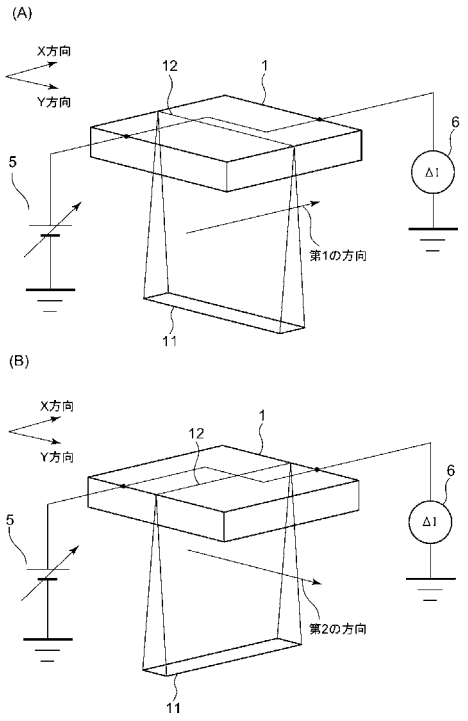
(21)出願番号　特願2005-319858 (P2005-319858)
(22)出願日　平成17年11月2日 (2005.11.2)

(71)出願人　302062931
ＮＥＣ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
(74)代理人　100124914
弁理士　徳丸　達雄
(72)発明者　二川　清
神奈川県川崎市中原区下沼部１７５３番地
ＮＥＣエレクトロニクス株式会社内

Ｆターム(参考)　2G053 AA11 AB01 BB02 CA10 CA20 CB27
2G060 AA09 AE01 AF07 EA02 EB08 EB09 KA16
2G132 AA00 AE16 AE18 AE22 AF06 AF14 AL12
4M106 AA02 BA05 BA08 BA14 BA20 CA38 DB08

(54)【発明の名称】非破壊検査装置および非破壊検査方法

(57)【要約】
【課題】　非破壊検査の効率を向上する。
【解決手段】　従来の被検査体上で光スポットを２次元的に走査する方法の替わりに、被検査体上で光ラインをＸ方向およびＹ方向に１回ずつ走査することにより、２つの１次元像を取得し、取得した２つの１次元像から演算により２次元像を再構築する。これにより、被検査体と光ラインの相対走査が、第１および第２の１次元像を得るための２度の走査で済むため、走査時間が従来に比べ大幅に短縮される。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ライン状の光（光ライン）を被検査体上に照射し、前記光ラインと交差する第１の方向に前記被検査体を前記光ラインにより相対的に走査して第１の１次元像を取得し、次に、前記第１の方向と交差する第２の方向に前記被検査体を光ラインにより相対的に走査して第２の１次元像を取得することを特徴とする非破壊検査方法。
【請求項２】
前記第１の方向は、前記光ラインの長手方向に直交する方向であり、前記第２の方向は、前記第１の方向と直交する方向であることを特徴とする請求項１記載の非破壊検査方法。
【請求項３】
前記第１および第２の１次元像から演算により２次元像を得ることを特徴とする請求項１または２記載の非破壊検査方法。
【請求項４】
前記２次元像から前記被検査体の異常個所を絞り込むことを特徴とする請求項３記載の非破壊検査方法。
【請求項５】
前記第１および第２の１次元像が、ＯＢＩＲＣＨ（Optical Beam Induced Resistance CHange）法、ＲＩＬ（Resistive Interconnection Localization）法、ＳＤＬ（Soft Defect Localization）法、ＯＢＩＣ（Optical Beam Induced Current）法、ＳＣＯＢＩＣ（Single Contact OBIC）法、走査レーザＳＱＵＩＤ（Superconducting QUantum Interference Devices）顕微鏡（Ｌ－ＳＱ）法、ＬＴＥＭ（Laser Terahertz Emission Microscope）法、無バイアスＬＴＥＭ法のいずれか１または複数の方法の組合せに基づく像であることを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の非破壊検査方法。
【請求項６】
被検査体をライン状の光（光ライン）で照射する光源と、
前記光ラインと前記被検査体とを相対的に移動させる移動部と、
前記光ラインを照射したことにより発生する現象の観測結果から１次元像を取得する１次元像形成部と、
複数の１次元像から２次元情報または２次元像を取得する２次元像形成部と、
を備えることを特徴とする非破壊検査装置。
【請求項７】
前記光ラインを照射したことにより発生する現象を観測する観測系が、ＯＢＩＲＣＨ（Optical Beam Induced Resistance CHange）法、ＲＩＬ（Resistive Interconnection Localization）法、ＳＤＬ（Soft Defect Localization）法、ＯＢＩＣ（Optical Beam Induced Current）法、ＳＣＯＢＩＣ（Single Contact OBIC）法、走査レーザＳＱＵＩＤ（Superconducting QUantum Interference Devices）顕微鏡（Ｌ－ＳＱ）法、レーザ・テラヘルツ・エミッション顕微鏡（Laser Terahertz Emission Microscope）（ＬＴＥＭ）法、無バイアスＬＴＥＭ法の少なくとも１つを利用することを特徴とする請求項６記載の非破壊検査装置。
【請求項８】
前記移動部は、前記光ラインを移動する光ライン走査部を含むことを特徴とする請求項７記載の非破壊検査装置。
【請求項９】
前記移動部は、前記被検査体を移動するステージを含むことを特徴とする請求項７記載の非破壊検査装置。
【請求項１０】
前記光ラインと、前記観測系の検出器の位置が固定されていることを特徴とする請求項９記載の内、Ｌ－ＳＱ、ＬＴＥＭ、無バイアスＬＴＥＭの少なくとも一つを利用した非破壊検査装置。

【請求項１１】
前記観測系の検出器は、ライン状に配置された複数のＳＱＵＩＤ素子を有し、前記光ラインと、前記ライン状に配置された前記複数のＳＱＵＩＤ素子が長手方向で上下に重なるように固定されていることを特徴とする請求項１０記載の非破壊検査装置。
【請求項１２】
前記２次元像形成部は、取得した２次元像と、その元となった複数の１次元像とを表示する表示部を含むことを特徴とする請求項６乃至１１のいずれかに記載の非破壊検査装置。
【請求項１３】
前記表示部は、前記被検査体のレイアウトと前記２次元像を重ねて表示することを特徴とする請求項１２記載の非破壊検査装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、被検査体の非破壊検査装置および非破壊検査方法に関し、特に、半導体装置の欠陥を検査するのに適した非破壊検査装置および非破壊検査方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来の半導体チップ等の電子部品（被検査体）の非破壊検査方法として、ＯＢＩＲＣＨ（Optical Beam Induced Resistance CHange）法が知られている。ＯＢＩＲＣＨ法では、レーザ光で半導体チップ上を走査しながら配線を加熱した際の配線抵抗の変化を画像にする。この方法によれば、電流が流れている配線が可視化でき、さらに、配線中にボイド等の欠陥がある個所と欠陥の無い個所とでは温度上昇の程度が異なるため、欠陥を画像の上で識別できるというものである（非特許文献１参照）。図１３は、ＯＢＩＲＣＨ法を用いた従来の非破壊検査装置の基本原理図である。被検査体１である半導体チップの上には、配線４が形成されている。配線４の一端は電圧供給源５に接続され、他端は変動電流検出部６に接続されており、配線４の抵抗の変化の状態が検出される。ＯＢＩＲＣＨ法では、レーザビーム２を集光した光スポット３で被検査体１の上を走査し、配線４を加熱した際の配線抵抗の変化を画像化する。ＯＢＩＲＣＨ法によれば、電流が流れている配線が可視化でき、さらに、配線中にボイド等の欠陥がある個所と欠陥の無い個所とでは温度上昇の程度が異なるため、欠陥を画像の上で識別できる。図１４は、上述の方法で取得した２次元像である。観測エリア７には、配線４の像と欠陥８の像が画像化されている。
【０００３】
また、従来の半導体チップ等の電子部品（被検査体）の非破壊検査方法として、ＲＩＬ（Resistive Interconnection Localization）法あるいはそれより一般的な呼称であるＳＤＬ（Soft Defect Localization）と呼ばれる方法が知られている。この方法を用いれば、温度や電源電圧や動作周波数に対してマージナルな不良品に関して、動的な故障解析ができる。レーザ光をゆっくり走査し、半導体チップ上を順に加熱しながら、ＬＳＩテスタで機能試験を行い良否の判定を行なう。ＬＳＩテスタでの良否判定結果をレーザ光が照射されている個所と対応させて、像のピクセル毎に白黒で表示することで、動的な異常個所絞り込みができるというものである（非特許文献１参照）。
【０００４】
また、従来の半導体チップ等の電子部品（被検査体）の非破壊検査方法として、ＯＢＩＣ（Optical Beam Induced Current）法が知られている。ＯＢＩＣ法は光により励起された電子・正孔対が電界により引き離され、電流として観測される現象を利用する方法である。電子・正孔対を引き離す内部電界の源としては、ｐ－ｎ接合や不純物濃度勾配などがある。外部からの電圧印加による電界を利用する場合もある。この方法によれば、ショートや断線などにより内部電界や外部電界のかかり方が変化するため、故障個所の検出ができる（非特許文献１参照）。
【０００５】

また、ＯＢＩＣの系統に属する故障解析技術として、ＳＣＯＢＩＣ（Single Contact OBIC）と走査レーザＳＱＵＩＤ（Superconducting QUantum Interference Devices）顕微鏡（Ｌ－ＳＱ）法が知られている。ＯＢＩＣ法では、２端子間で観測を行なうが、それだとＯＢＩＣ発生経路が限定される。１端子のみ接続し観測を行なえば、ＯＢＩＣ発生経路の制限が緩くなり、より多くの個所を観測することができる。この方法はＳＣＯＢＩＣと呼ばれている。

【０００６】

電流の観測を外部端子から行なう代わりに、ＯＢＩＣ電流が発生する磁場を超高感度の磁場検出器であるＳＱＵＩＤで観測する方法が提案されている。この方法はＬ－ＳＱ法と呼ばれている。この方法により、電気的な接続すら不要な、完全に非接触な解析が可能となる。観測できるサンプルの形態もウェハの前工程の途中、配線工程の途中、ウェハ工程完了後、パッケージング後、実装後、と幅広い（非特許文献１参照）。

【０００７】

また、従来の半導体チップ等の電子部品（被検査体）の非破壊検査方法として、ＬＴＥＭ（Laser Terahertz Emission Microscope）法が知られている。ＬＴＥＭ法では、ｐ－ｎ接合部など電界が存在する個所にフェムト秒レーザを照射した際に発生する過渡的な光電流を起源として放射されるテラヘルツ電磁波を検出する。ＬＴＥＭ法では高速デバイスの動作観測の可能性を示すデータが報告されている。また、Ｌ－ＳＱ法と同様、電気的な接続すら不要な、完全に非接触な解析である無バイアスＬＴＥＭ法の可能性も示されている（非特許文献１参照）。

【０００８】

【非特許文献１】二川　清、「光を用いたＬＳＩの故障解析技術」、日本信頼性学会誌「信頼性」、Ｖｏｌ．２６，　Ｎｏ．１，　ｐｐ．２８－３６　（２００４）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

従来のＯＢＩＲＣＨ法などを用いた非破壊検査装置などで観測する際には、レーザ光をスポット状に集光した光スポット３が被検査体１に照射される。ＯＢＩＲＣＨ法を例にとると、従来の非破壊検査装置では、例えば図１３に示すように、半導体チップの２端子間に電圧を印加し、光スポット３を照射した際の電流の変化を輝度値として、図１４のような走査個所に対応した画像が得られる。しかし、この走査により２次元の像を得るためには、例えば、１０００×１０００画素で表示するためには、各画素に光スポット３が滞在、あるいは通過する時間の百万倍（１０００×１０００）程度、あるいはそれ以上（ロスタイムがあるため）の時間が必要となる。

【００１０】

本発明の主な課題は、このような走査にかかる時間を大幅に短縮し、非破壊検査の効率を大幅に改善することである。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

本発明の非破壊検査方法は、ライン状の光（光ライン）を被検査体上に照射し、前記光ラインと交差する第１の方向に前記被検査体を前記光ラインにより相対的に走査して第１の１次元像を取得し、次に、前記第１の方向と交差する第２の方向に前記被検査体を光ラインにより相対的に走査して第２の１次元像を取得することを特徴とする。取得した第１および第２の１次元像間に演算を施し、２次元画像を得るというものである。

【００１２】

本発明の非破壊検査装置は、被検査体をライン状の光（光ライン）で照射する光源と、前記光ラインと前記被検査体とを相対的に移動させる移動部と、前記光ラインを照射したことにより発生する現象の観測結果から１次元像を取得する１次元像形成部と、複数の１次元像から２次元情報または２次元像を取得する２次元像形成部と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】
【００１３】
本発明によれば、被検査体と光ラインの相対走査が、第１および第２の１次元像を得るための２度の走査で済むため、走査時間が従来に比べ大幅に短縮される、また、２つの１次元像間の演算により２次元像を得る時間は光ラインの走査時間に比べ短いため、その結果、２次元像の取得時間が従来に比べ大幅に短縮される。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１４】
上述した本発明の光ライン走査法について、さらに詳細に説明する。被検査体を光ラインにより相対的に走査すると、光ラインが照射されたライン状の領域全体で生じた配線抵抗の変化などの情報が、１次元情報として取得される。光ラインを第１の方向（Ｘ方向）および第２の方向（Ｙ方向）に１回ずつ走査して、第１の１次元像（Ｘ走査像）および第２の１次元像（Ｙ走査像）を取得する。光ラインの走査方向は、光ラインの長手方向に直交させるのが最も効率的である。第１の１次元像（Ｘ走査像）および第２の１次元像（Ｙ走査像）が、例えば各々１０００画素で表示されるとすると、光ラインの走査時間は、各画素列に光ラインが滞在、あるいは通過する時間の２０００倍（１０００×２）程度（プラス従来と同程度のロスタイム）の時間となる。第１の１次元像（Ｘ走査像）および第２の１次元像（Ｙ走査像）に演算を施すことにより、２次元像が得られる。演算方法は任意である。例えば、第１の１次元像（Ｘ走査像）の各画素の値（ｘ１，ｘ２，・・・，ｘ１０００）と、第２の１次元像（Ｙ走査像）の各画素の値（ｙ１，ｙ２，・・・，ｙ１０００）から、２次元像の各画素の値ａ（ｘ，ｙ）を得るためには、ａ（１，１）＝ｘ１＋ｙ１，ａ（１，２）＝ｘ１＋ｙ２，・・・，ａ（１０００，１０００）＝ｘ１０００＋ｙ１０００のような和の演算や、ａ（１，１）＝ｘ１×ｙ１，ａ（１，２）＝ｘ１×ｙ２，・・・，ａ（１０００，１０００）＝ｘ１０００×ｙ１０００のような積の演算などを用いれば良い。
良品の被検査体と不良品の被検査体の２次元像を比較して、差がある個所またはその関連個所に異常個所が存在する可能性がある。観測エリア内に異常個所が１個所だけ存在する場合には、異常個所の特定は容易である。しかし、後述するように、観測エリア内に異常個所が複数個所ある場合や、観測に用いる検出器の感度が不均一な場合は、工夫が必要である。そのような場合、配線レイアウトなどの設計レイアウト情報があれば、異常個所の特定に役立つ。
【実施例１】
【００１５】
本発明の光ライン走査法による非破壊検査装置および非破壊検査方法について、図面を用いて説明する。図１は、本発明の光ライン走査法をＯＢＩＲＣＨ法に適用した実施例１を説明するための基本原理図である。図２（Ａ）は、欠陥８が存在する被検査体１の平面図と、本発明の光ライン走査法を用いて取得した第１および第２の１次元像１３、１４との対比図、（Ｂ）は当該取得した第１および第２の１次元像１３、１４と、それを元に演算で得られた２次元像１５の対比図である。
【００１６】
本発明の光ライン走査法を適用した実施例１のＯＢＩＲＣＨ法においては、検査対象となるＬＳＩチップ等の電子部品（被検査体１）の２端子間に電圧供給源５および変動電流検出部６を接続し、定電圧を印加した状態で被検査体１の裏面側からライン状のレーザ光１１を照射し、第１の方向（Ｘ方向）に被検査体１を光ライン１２にて相対的に走査する。走査方向は、光ライン１２の長手方向に直交する方向とするのが効率的である。変動電流検出部６により、光ライン１２の走査によって被検査体１が加熱された結果生じる電流変化を検出する（図１（Ａ））。次に、光ライン１２を第２の方向（Ｙ方向）に走査して、先と同様に電流変化を検出する（図１（Ｂ））。光ライン１２のＸ方向およびＹ方向への１次元走査で、第１の１次元像（Ｘ走査像）１３および第２の１次元像（Ｙ走査像）１４の２つの１次元像を取得する（図２（Ａ））。第１および第２の１次元像１３、１４に

は、欠陥８に対応する異常コントラスト１６が現れる。取得した２つの１次元像に演算を施すことで、２次元像１５を得る（図２（Ｂ））。２次元像１５に現れた異常コントラスト１７は、被検査体１の欠陥８に対応していることがわかる。

【００１７】

図３は、本発明の光ライン走査法を適用した実施例１のＯＢＩＲＣＨ装置１００を説明するための装置構成図である。被検査体１はステージ２１に搭載され、被検査体１の２端子間に電圧供給源５および変動電流検出部６が接続される。被検査体１は、裏面側が赤外光のレーザ光発生部２２、レーザ光走査部２３、レーザ光集光部２４に対面するように載置され、ライン状のレーザ光１１が被検査体１に照射される。ここで、赤外光として波長が１μｍ程度以上のものを用いれば、例えば、ＬＳＩチップの裏面側からシリコン基板を透過してＬＳＩチップの表面付近に集光し、当該表面付近を集中的に加熱することが可能である。システム制御部２５からの制御により、レーザ光走査部２３にてライン状のレーザ光１１をＸ－Ｙ方向に走査するか、またはステージ２１をＸ－Ｙ方向に移動することによって、被検査体１が光ライン１２により相対的に走査される。光ライン１２により被検査体１の表面（主面）側の加熱部分における電流変化は、変動電流検出部６により検出され、記憶部２６に第１および第２の１次元情報として記憶される。演算部２７は、第１および第２の１次元情報を元に２次元情報を得るための演算を行う。演算結果を記憶部２６に記憶しても良い。表示部２８は、第１および第２の１次元情報と２次元情報に基づき、第１および第２の１次元像１３、１４と２次元像１５を表示する。故障個所を特定しやすくするために、被検査体１の表面（主面）側の顕微鏡像や、設計レイアウトをこれらの像とともに表示するようにしても良い。

【００１８】

図４は、本発明の光ライン走査法を適用した実施例１のＯＢＩＲＣＨ法の手順を説明するためのフローチャートである。まず、被検査体１である電子部品（例えば、ＬＳＩチップ）の２端子間に定電圧を印加し、かつ２端子の一方で電流変化をモニターする状態に設定する（ステップＳ１）。次ぎに、被検査体１の裏面側から、赤外光または赤外レーザ光をライン状に照射し、被検査体１の表面（主面）側を光ライン１２により加熱しながらＸ方向に走査し、光照射個所と電流変化を対応させた第１の１次元像（Ｘ走査像）１３を得る（ステップＳ２）。次に、光ライン１２と被検査体１の相対角度を９０度回転させた後、ステップＳ２と同じ動作をＹ方向について行なうことで、第２の１次元像（Ｙ走査像）１４を得る（ステップＳ３）。次に、第１の１次元像１３と第２の１次元像１４の間に演算を施すことで２次元像を得る（ステップＳ４）。

【００１９】

１０００×１０００画素（１００万画素）の像を得るために要する時間を、従来法と本発明よる方法で比較してみる。１画素あたりの滞在時間を１ミリ秒とすると、従来法では、ロスタイムがゼロとしても、１ミリ秒×１０００×１０００＝１０００秒（約１７分）の時間を要するが、本発明による方法では、１ミリ秒×１０００×２＝２秒と、従来法の５００分の１という大幅な時間短縮が図れる。なお、演算に要する時間は通常のパソコンを用いた場合でも十分短く、無視できる程度の時間である。

【００２０】

なお、図１、図２では本発明による光ライン走査法の原理を、従来法のひとつであるＯＢＩＲＣＨ法を例に取り上げて説明したが、他の方法でも、光照射の結果起きる現象が異なるだけで基本は同じである。例えば、ＯＢＩＲＣＨ法においては、光照射の結果起きる現象は抵抗の変化であるが、ＲＩＬ法あるいはＳＤＬ法においては、光照射の結果起きる現象はＬＳＩテスタによる良・不良の判定結果の変化である。ＯＢＩＣ法あるいはＳＣＯＢＩＣ法においては、光照射の結果起きる現象は電流の変化である。Ｌ－ＳＱ法においては、光照射の結果起きる現象は磁場の変化である。ＬＴＥＭ法あるいは無バイアスＬＴＥＭ法においては、光照射の結果起きる現象はテラヘルツ電磁波の変化である。これらの光照射の結果起きた現象を検出した信号を、ライン光走査の位置に対応させて１次元像として取得する点は、ＯＢＩＲＣＨ法を例にして説明した事例を参照すれば全て理解できるの

で、個々の説明は省略する。

【００２１】

次に、本発明の実施例１の効果について、図面を用いて説明する。いくつかの例を説明する前に、この後説明する例が系統的に理解できるように、本発明による光ライン走査法が有効に働く条件について説明しておく。

【００２２】

まず被検査体１側の条件として、（条件１）光スポットにより平面走査した場合にコントラスト異常が局所的に存在する、という条件がある。つまり、観測エリア内に故障個所が１個所のみ存在する場合、故障個所が複数個所存在する場合よりも異常個所の特定が容易である。不良チップ内の故障はこれに相当する場合がある。この場合は後で、図５を用いて説明するように、第１の１次元像１３と第２の１次元像１４の演算で得る２次元像１５上の異常コントラスト１７として、故障個所が容易に特定できる。また、ウェハ全体で見たときの不良チップも局所的に存在する場合があるため、これに相当する。この場合も、第１の１次元像１３と第２の１次元像１４の演算で得る２次元像１５上の異常コントラスト１７として、不良チップが特定できる。

【００２３】

次に検出系の条件として、（条件２）光ライン１２上のどの場所に異常がある場合でも、信号検出感度が同一感度である、という条件がある。信号検出感度には、信号検出系の感度ばらつきと光ライン１２のライン内強度ばらつきが影響する。ＯＢＩＲＣＨ法、ＯＢＩＣ法、ＲＩＬ法およびＳＤＬ法の場合は、従来の信号検出系でも感度は同一であるが、光ラインの強度ばらつきがあると条件２を満たさないことになる。また、Ｌ－ＳＱ法、ＬＴＥＭ法および無バイアスＬＴＥＭ法の場合は、従来の信号検出系では感度ばらつき以外に検出系内に不均一な感度分布がある場合があるので、その場合には条件２を満たすためには工夫が必要である。故障個所絞込みなどの非破壊検査は本来定性的検査であることから、条件２が満たされない場合であっても可能であるが、故障個所の絞込みはやや難しくなる。但し、Ｌ－ＳＱ法などの場合は、被検査体と検出器の距離が離れると急速に感度が落ちることから、条件２が整わない場合は、定性的にすら厳しくなる。この場合でも、実施例２として図９および図１０を用いて後述するように、複数のＳＱＵＩＤ素子３１をＬＳＩチップの配列ピッチで並べ、ＬＳＩチップ中央直上に各ＳＱＵＩＤ素子３１が配置するように並べることで対策可能である。

【００２４】

この後の事例で詳細に説明するように、上記の条件１あるいは条件２のどちらかを満たせば、本発明による光ライン走査法は容易に有効に適用できる。また条件１、条件２の両方が満たされない場合でも、事例４に示す場合のように工夫を施すことで、本発明による光ライン走査法を有効に適用可能である。

【００２５】

（事例１）

図５は、条件１および条件２が両方満たされた場合の観測結果を説明するための模式図である。つまり、故障個所は１点、信号検出感度は一定であり、本発明の適用が最も容易な事例である。図５（Ａ）は、被検査体１を従来法で取得した２次元像２９と、本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４の対比図であり、図５（Ｂ）は、本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４と、演算により求めた２次元像１５の対比図である。ＯＢＩＲＣＨ法やＲＩＬ法またはＳＤＬ法に本発明を適用して、被検査体１であるＬＳＩチップ上の配線系のビア部の高抵抗個所を検出するといった、現在の最先端のＬＳＩチップで最も多い不良事例のひとつなどの場合はこれに対応する。

【００２６】

図５（Ａ）を参照すると、従来法の２次元像２９上でも、第１の１次元像（Ｘ走査像）１３および第２の１次元像（Ｙ走査像）１４でも、異常コントラスト３０、１６は１点のみである。なお、見やすくするため、故障箇所に対応した本来の異常コントラストは当該

１点を塗りつぶした四角で示してある（以下の実施例でも同様）。

【００２７】

一方、図５（Ｂ）を参照すると、第１および第２の１次元像１３、１４は図５（Ａ）と同じものであるが、それらを元に演算を施した２次元像１５では異常コントラスト１７は１点のみではなく、薄くはあるがＸ方向およびＹ方向に伸びたコントラストとなっている。これは、例えば、Ｘ方向の１次元像（ｘ１，ｘ２，・・・，ｘ１０００）とＹ方向の１次元像（ｙ１，ｙ２，・・・，ｙ１０００）から得られた行列の要素として、２次元像の各画素の値ａ（ｘ，ｙ）を、ａ（１，１）＝ｘ１＋ｙ１，ａ（１，２）＝ｘ１＋ｙ２，・・・，ａ（１０００，１０００）＝ｘ１０００＋ｙ１０００のような和の演算を行なった結果の２次元像であることを理解してさえいれば、Ｘ方向とＹ方向に伸びた薄い線（アーティファクト１８）の交点の最もコントラストの濃い個所が本来の異常コントラストの個所であることは容易に理解できる。なお、後の例でみるように、２次元像１５を再構成する演算を和でなく積で行なえば、このように伸びた薄い線は現れない。

【００２８】

例えば、ＬＳＩチップ上の配線系のビア底部の高抵抗欠陥の場合、ＯＢＩＲＣＨ法を用いれば、通常の配線に流れる電流は暗コントラスト（抵抗増に対応）で得られるのに対して、異常ビアのあるところでのみ明コントラスト（抵抗減に対応）が局所的に得られる。配線に用いられている銅やアルミニウムでは抵抗の温度係数が正（温度上昇で抵抗増加）であるのに対して、高抵抗欠陥はチタンなどの遷移金属の高抵抗合金になっており、抵抗の温度係数が負（温度上昇で抵抗減少）であるため、このような現象が起きる。このような異常ビアが観測エリア内で１個所の場合、条件１を満たすこととなる。

【００２９】

（事例２）

図６は、条件２は満たすが、条件１を満たさない場合の観測結果を説明するための模式図である。図６（Ａ）は、被検査体１を従来法で取得した２次元像２９と、本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４の対比図である。図６（Ｂ）は、本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４と、演算により求めた２次元像１５の対比図である。例えば、ＬＳＩチップ上の配線電流異常経路を検出するといった、現在の最先端のＬＳＩで最も多い不良事例のひとつなどの場合はこれに対応する。条件１が満たされないため、故障個所の特定に工夫が必要となるが、従来法と比べるとトータルの解析時間は短縮できる。

【００３０】

図６（Ａ）を参照すると、従来の２次元像２９上でも、第１および第２の１次元像１３、１４でも、異常コントラスト３０、１６は図５（Ａ）の場合と比べるとかなり複雑になっている。従来の２次元像２９では、異常コントラスト３０が配線様になっている。本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４では、濃い部分と薄い部分が混在する異常コントラスト１６が得られる。

【００３１】

また、図６（Ｂ）を参照すると、第１および第２の１次元像１３、１４は図６（Ａ）と同じものであるが、それを元に演算を施した２次元像１５では異常コントラスト１７は面上に広がっている。図６（Ａ）の従来の２次元像２９の情報は含んでいるものの、それ以外のコントラスト（アーティファクト１８）が多く見える。ただ、この程度のアーティファクトなら、ＬＳＩの設計レイアウト情報との比較により、本来の配線があるべき位置と比較することで、本来の異常コントラストを再構築することはかなりの確率で可能である。なお、設計レイアウト情報を用いての故障個所絞込みは、現在の最先端のＬＳＩの故障解析には必須のこととなりつつあるので、特別のことを行なうわけではない。万が一、設計レイアウト情報が無いときには、本発明による光ライン走査法で故障個所を絞り込んだ後、従来の２次元走査法で２次元像取得を行なえばよい。この場合は、低倍率から徐々に倍率を上げていく大まかな絞込みを本発明による光ライン走査法で行い、高倍率での最後の絞込みを従来の２次元走査法で行なうことにより、トータルの絞込み時間は大幅に短縮

される。

【００３２】

（事例３）

図７は、条件１は満たすが、条件２を満たさない場合の観測結果を説明するための模式図である。つまり、故障個所は１点、信号検出感度は不均一であり、本発明の適用が比較的容易な事例である。図７（Ａ）は、被検査体１を従来法で取得した２次元像２９と、本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４の対比図である。図７（Ｂ）は、本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４と、演算により求めた２次元像１５の対比図である。この事例では、検出器の感度が観測エリアの中央部で高く、周辺にいくほど感度が低くなる場合を想定している。これは、Ｌ－ＳＱ法においてある種のＳＱＵＩＤ素子の中心と被検査体の中心を揃えた場合に相当する。または、光ラインの強度が観測エリアの中央部で強く、周辺ほど弱くなるような、光ライン強度が不均一な場合もこの事例に相当する。

【００３３】

図７（Ａ）を参照すると、従来の２次元像２９上でも本発明の第１および第２の１次元像１３、１４でも、異常コントラスト３０、１６は図５（Ａ）の場合と比べて、定性的には差がない。しかし、周辺の感度が弱いことに対応して、第２の１次元像（Ｙ走査像）１４の異常コントラストが、第１の１次元像（Ｘ走査像）１３のコントラストと比べて弱いことが分かる。

【００３４】

一方、図７（Ｂ）を参照すると、第１および第２の１次元像１３、１４は図７（Ａ）と同じものであるが、それを元に和の演算を施した２次元像１５では異常コントラスト１７は１点のみではなく、薄くはあるがＸ方向およびＹ方向に伸びたコントラストとなっている。これは定性的には図５（Ｂ）の場合と同じであるが、定量的には、第１の１次元像１３のコントラストと第２の１次元像１４のコントラストの違いに対応して、異常コントラスト１７から伸びた部分のコントラストに差が見られる。ただ、この違いは本来の異常コントラスト１７である交点を識別するのには支障は生じない。このように、図７の事例の場合は、本発明による光ライン走査法が有効に働くことが分かる。この場合も、２次元像１５を再構成する演算を和でなく積で行なえば、伸びた薄い線は現れない。

【００３５】

（事例４）

図８は、条件１および条件２を両方満たさない場合の観測結果を説明するための模式図である。図８（Ａ）は、被検査体１を従来法で取得した２次元像２９と、本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４の対比図である。図８（Ｂ）は、本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４と、演算により求めた２次元像１５の対比図である。この事例では、今まで示した３例のように２次元像１５の再構成の演算を和で行なうのではなく、積で行ったため、図８（Ｂ）の２次元像には異常コントラスト１７を示す点から伸びたコントラストが見られない。また、この事例は条件１も条件２も満たさない場合であり、本発明の適用が比較的難しい事例である。図８は検出器の感度が観測エリアの中央部で高く周辺にいくほど感度が低くなる場合を想定している。これはＬ－ＳＱ法においてある種のＳＱＵＩＤ素子の中心と被検査体の中心を揃えた場合に相当する。または、光ラインの強度が観測エリアの中央部で強く、周辺ほど弱くなるような、光ライン強度が不均一な場合もこの事例に相当する。

【００３６】

図８（Ａ）を参照すると、従来の２次元像２９では２個所に異常コントラスト３０が見られる。Ｌ－ＳＱ法でこのようなコントラストが見られる場所は、ｐ－ｎ接合のｐ側とｎ側の各々から伸びた配線がショートなどにより閉ループを形成している場合であり、異常コントラスト３０の個所はｐ－ｎ接合部に相当する。このとき、本発明の第１および第２の１次元像１３、１４の異常コントラスト１６は、従来法の異常コントラスト３０と比べて定性的には差がないが、周辺の感度が弱いことに対応して強い部分と弱い部分が混在す

ることが分かる。

【００３７】

一方、図８（Ｂ）を参照すると、再構成された２次元像１５には、本来の２次元像２９にはないコントラスト（アーティファクト１８）が２個所余分に見える。一方、感度の弱い部分で検出した欠陥の異常コントラスト（左下の最も薄い点）は、アーティファクトよりも弱くなるきらいがある。４個所のコントラストのどれが本物の異常コントラストで、どれがアーティファクトかを見分けるには、設計レイアウト情報との比較が有効な場合が多い。すなわち、設計レイアウト上でこの４個所にｐ－ｎ接合が存在するかどうかを見ることで、アーティファクトをかなりの確率で取り除くことができる。それでもアーティファクトが取り除けない場合や設計レイアウト情報との比較ができない場合は、本発明による光ライン走査法で異常コントラストの位置を絞り込んだ後、従来の２次元走査法で２次元像取得を行なえばよい。この場合は、低倍率から徐々に倍率を上げていく大まかな絞込みは本発明の光ライン走査法で行い、高倍率での最後の絞込みを従来の２次元走査法で行なうことにより、トータルの絞込み時間は大幅に短縮される。

【実施例２】

【００３８】

図９は、本発明の光ライン走査法をＬ－ＳＱ法に適用した実施例２を説明するための基本原理図である。被検査体１の裏面側からライン状のレーザ光３６を照射し、実施例１と同様に、第１および第２の方向（ＸおよびＹ方向）に被検査体１を光ライン３３にて相対的に走査する。磁場検出器であるＳＱＵＩＤ素子アレイ３２は、従来のＬ－ＳＱ法のようにＳＱＵＩＤ素子３１を１個だけ用いるのではなく、アレイ状に一列に複数個配置したものとする。光ライン３３とＳＱＵＩＤ素子アレイ３２とは、長手方向に上下に重なるように配置する。Ｌ－ＳＱ法では、光ライン３３とＳＱＵＩＤ素子アレイ３２の位置ずれが感度を悪くする原因となるため、これらを固定し、被検査体１を移動させるようにして光ライン３３を相対的に走査する方が良い。

【００３９】

図１０は、本発明の光ライン走査法を適用した実施例２のＬ－ＳＱ装置２００を説明するための装置構成図である。レーザ光発生部３４で発生したレーザ光は、変調ビーム生成部３５にて変調および成形され、ライン状のレーザ光３６として被検査体１の裏面から照射される。ステージ３７は、システム制御部３９からの制御により、第１および第２の方向（ＸおよびＹ方向）に被検査体１を光ライン３３にて相対的に走査できるように、水平方向への移動および回転する機構を備えている。被検査体１の上方にはＳＱＵＩＤ素子アレイ３２が配置され、被検査体１から発生する磁場を検出する。検出した磁場は、磁場信号検出部３８にて第１および第２の１次元情報として抽出され、システム制御部３９に送られる。２次元像の演算および表示は、実施例１と同様である。

【００４０】

図１１は、本発明の光ライン走査法を適用した実施例２のＬ－ＳＱ法による観測結果の一例である不良ＬＳＩチップ選別法を説明するための模式図である。図１１（Ａ）は被検査体１である半導体ウェハ４１を上から投影した図、図１１（Ｂ）は、従来法で取得した２次元像２９と、本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４の対比図、図１１（Ｃ）は、本発明による方法で取得した第１および第２の１次元像１３、１４と、演算により求めた２次元像１５の対比図である。２次元像１５では、半導体ウェハ４１の輪郭とスクライブ線４２を重ね合わせて示してある。この例は、ＬＳＩチップ内の故障個所を絞り込むのではなく、半導体ウェハ４１全体から不良ＬＳＩチップ４３を選別する事例である。また、光レーザ照射により起きる現象としてはＬ－ＳＱ現象を例に用いて説明する。この例では、被検査体の３００ｍｍΦの半導体ウェハ４１に、例えば３０ｍｍ角のＬＳＩチップが形成されているものとする。ＳＱＵＩＤ素子アレイ３２は、ＬＳＩチップの配列ピッチと同じ３０ｍｍピッチで、１０個のＳＱＵＩＤ素子３１を配列したものとする。このＳＱＵＩＤ素子３１の数と配列ピッチは、ＬＳＩチップサイズに応じて可変となる構成をとればよい。ＳＱＵＩＤ素子３１の配列ピッチをＬＳＩチップサイズと揃

えることで、不良ＬＳＩチップ４３を識別する感度のＬＳＩチップ間ばらつきを無くすことができる。光ライン３３の走査は、半導体ウェハ４１の全体をカバーできるように３００ｍｍの長さの光ラインを用い、距離３００ｍｍの走査を行なう。走査は、光ライン３３とＳＱＵＩＤ素子アレイ３２を固定したまま、半導体ウェハ４１を移動するのが最も効率的である。Ｘ方向の走査が終了した後、半導体ウェハ４１を９０度回転してＹ方向の走査を行なうようにすれば良い。

【００４１】

この実施例では、２次元像１５の再構成の演算を和で行うのではなく、積で行った。また、本実施例は、説明を簡単にするために、不良ＬＳＩチップ４３は半導体ウェハ４１の中に１個のみ存在し、異常個所は不良ＬＳＩチップ４３の中で１個所のみ存在する場合を示した。

【００４２】

図１１（Ｂ）を参照すると、従来法の２次元像２９では１個所に異常コントラスト３０が見られる。この異常コントラスト３０が見られるＬＳＩチップが不良ＬＳＩチップ４３であることが識別できる。Ｌ－ＳＱ法でこのようなコントラストが見られる場所は、ｐ－ｎ接合のｐ側とn側の各々から伸びた配線がショートなどにより閉ループを形成している場合である。１次元像でも、異常コントラスト１６は、Ｘ走査像１３、Ｙ走査像１４とも１点のみである。

【００４３】

図１１（Ｃ）を参照すると、第１および第２の１次元像１３、１４から再構成された２次元像１５で、異常コントラスト１７は明確に再現され、不良ＬＳＩチップ４３も明確に識別できることが分かる。なお、見やすくするため、図１１（Ｃ）では異常コントラスト１７を塗りつぶした四角で示してある。

【００４４】

この実施例で、本発明による方法では従来法と比べてどの程度選別に要する時間が短縮されるかを見積もってみる。Ｌ－ＳＱ法ではレーザ光に強度変調をかけ、ロックインアンプで変調周波数の信号のみを取り出すことでＳ／Ｎ（信号対ノイズ比）を上げている。その変調周波数に対応する周期の１０倍程度の時定数をロックインアンプで設定する。光ライン３３の走査のスピードは、その時定数と同じ時間の経過で、画像での一画素分を通過する程度に設定する。１ＭＨｚで変調をかけると、時定数は１０マイクロ秒となる。１画素を０．５マイクロメータ角とすると、３００ｍｍは６０万画素の１次元像で表示することになる。一方向の走査に要する時間は１０マイクロ秒×６０万＝６秒である。半導体ウェハ４１を搭載するステージの送り速度の制限は、例えば現在我々が開発しているＬ－ＳＱ法を用いた非破壊検査装置では１００ｍｍ／秒であるから、３００ｍｍを走査するのに３秒あれば可能で、ネックにはならない。６秒かけて半導体ウェハ４１をＸ方向に移動した後、ステージ３７を９０度回転させ、次にＹ方向に６秒かけて半導体ウェハ４１を移動すれば、本発明による像取得は終了する。ステージ３７の回転に要する時間を長めに１秒と見積もり、２次元像１５の再生に要する時間を長めに１秒と見積もっても、トータルで１４秒しかかからない。一方、従来法で２次元走査を行なうために要する時間は、走査のロスタイムを無視しても、１０マイクロ秒×６０万×６０万＝３６０万秒＝１０００時間と非現実的な時間となる。すなわち、短縮の程度を見積もる以前に、本発明による方法を用いない限り、Ｌ－ＳＱ法による不良ＬＳＩチップの選別は不可能に近いことが分かる。

【実施例３】

【００４５】

図１２は、本発明の光ライン走査法を無バイアスＬＴＥＭ法に適用した実施例３を説明するための基本原理図である。被検査体１の裏面側からライン状のフェムト秒レーザ光５１を照射し、第１および第２の方向（ＸおよびＹ方向）に被検査体１を光ライン５２にて走査する。被検査体１から発生したテラヘルツ（ＴＨｚ）電磁波５３は、ＴＨｚ電磁波検出器５４により検出する。第１および第２の１次元像から２次元像を再構成する方法は、上述と同様である。無バイアスＬＴＥＭ法の場合も、Ｌ－ＳＱ法と同様、検出器であるＴ

Ｈｚ電磁波検出器５４を複数配置したものとし、光ライン５２と検出器を固定して被検査体１を移動させるようにする方が、検出感度も効率も良いであろう。

【００４６】

以上、本発明を上記実施例に即して説明したが、本発明は上記実施例の構成にのみ限定されるものでなく、本発明の範囲内で当業者であればなし得るであろう各種変形、修正を含むことは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【００４７】

【図１】本発明の光ライン走査法をＯＢＩＲＣＨ法に適用した実施例１を説明するための基本原理図である。

【図２】本発明の光ライン走査法を用いて取得した１次元像および２次元像と、被検査体の平面図との対比図である。

【図３】本発明の光ライン走査法を適用した実施例１のＯＢＩＲＣＨ装置を説明するための装置構成図である。

【図４】本発明の光ライン走査法を適用した実施例１のＯＢＩＲＣＨ法の手順を説明するためのフローチャートである。

【図５】本発明の光ライン走査法を適用した実施例１のＯＢＩＲＣＨ法による観測結果の一例を説明するための模式図である。

【図６】本発明の光ライン走査法を適用した実施例１のＯＢＩＲＣＨ法による観測結果の他の一例を説明するための模式図である。

【図７】本発明の光ライン走査法を適用した実施例１のＯＢＩＲＣＨ法による観測結果の第３の一例を説明するための模式図である。

【図８】本発明の光ライン走査法を適用した実施例１のＯＢＩＲＣＨ法による観測結果の第４の一例を説明するための模式図である。

【図９】本発明の光ライン走査法をＬ－ＳＱ法に適用した実施例２を説明するための基本原理図である。

【図１０】本発明の光ライン走査法を適用した実施例２のＬ－ＳＱ装置を説明するための装置構成図である。

【図１１】本発明の光ライン走査法を適用した実施例２のＬ－ＳＱ法による観測結果の一例を説明するための模式図である。

【図１２】本発明の光ライン走査法を無バイアスＬＴＥＭ法に適用した実施例３を説明するための基本原理図である。

【図１３】従来の２次元走査法を用いたＯＢＩＲＣＨ法を説明するための基本原理図である。

【図１４】従来の２次元走査法を用いたＯＢＩＲＣＨ法による被検査体の観測結果を説明するための模式図である。

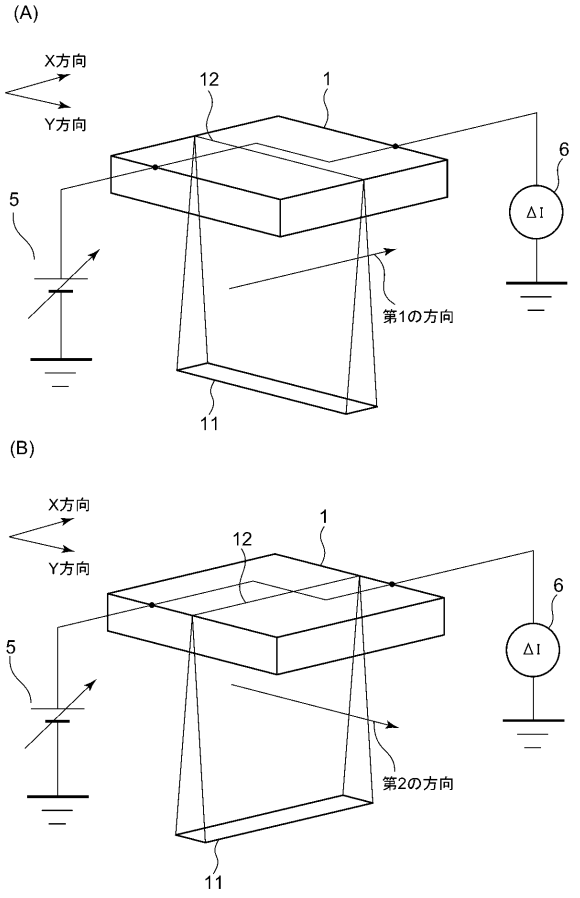
【符号の説明】

【００４８】

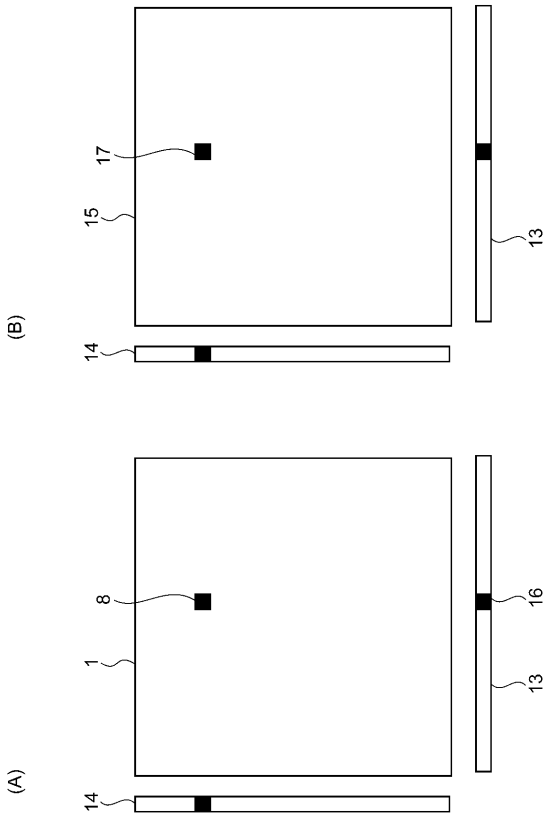
１　被検査体
８　欠陥
１１、３６　ライン状のレーザ光
１２、３３、５２　光ライン
１３　第１の１次元像
１４　第２の１次元像
１５　２次元像
１６、１７　異常コントラスト
２１　ステージ
２２　レーザ光発生部
２３　レーザ光走査部
２４　レーザ光集光部

２５　システム制御部
２６　記憶部
２７　演算部
２８　表示部
２９　従来の２次元像
３０　異常コントラスト
３１　ＳＱＵＩＤ素子
３２　ＳＱＵＩＤ素子アレイ
３７　ステージ
４３　不良ＬＳＩチップ
５１　ライン状のフェムト秒レーザ光
５４　ＴＨｚ電磁波検出器
１００　ＯＢＩＲＣＨ装置
２００　走査レーザＳＱＵＩＤ顕微鏡装置

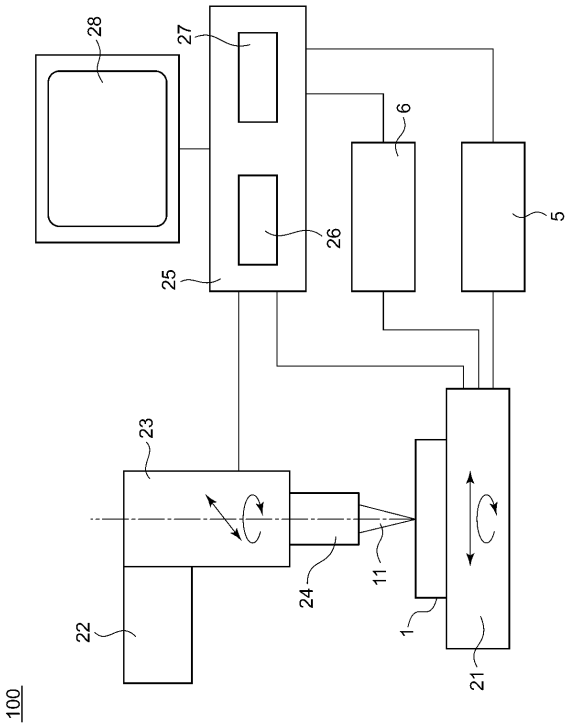
【図１】



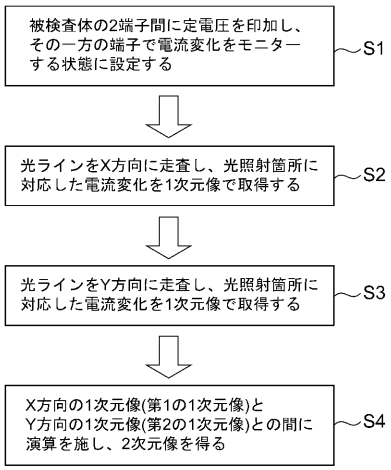
【図２】



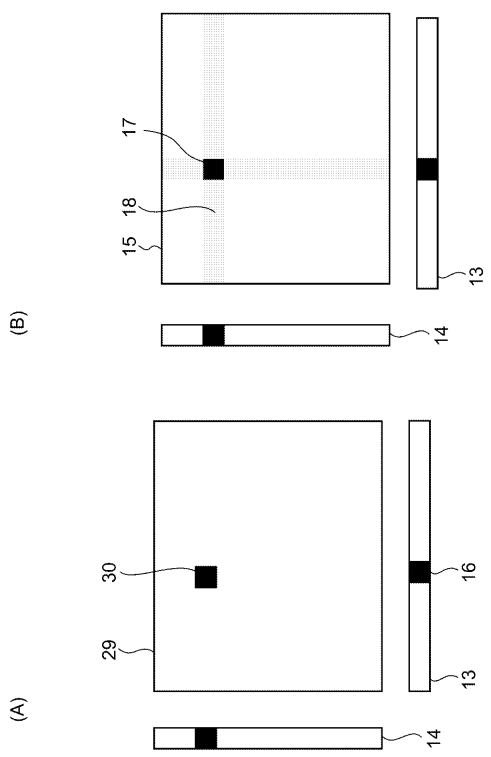
【図３】


28
27
6
5
26
25
23
24
11
1
22
21
100

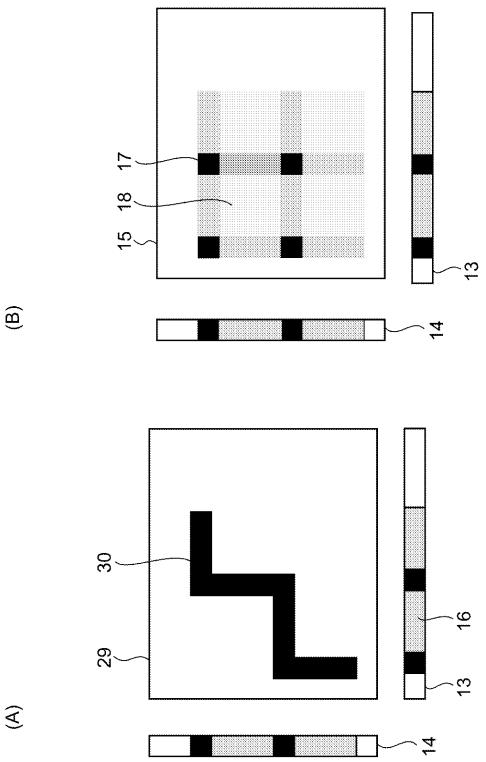
【図４】


被検査体の2端子間に定電圧を印加し、その一方の端子で電流変化をモニターする状態に設定する
S1
光ラインをX方向に走査し、光照射箇所に対応した電流変化を1次元像で取得する
S2
光ラインをY方向に走査し、光照射箇所に対応した電流変化を1次元像で取得する
S3
X方向の1次元像(第1の1次元像)とY方向の1次元像(第2の1次元像)との間に演算を施し、2次元像を得る
S4

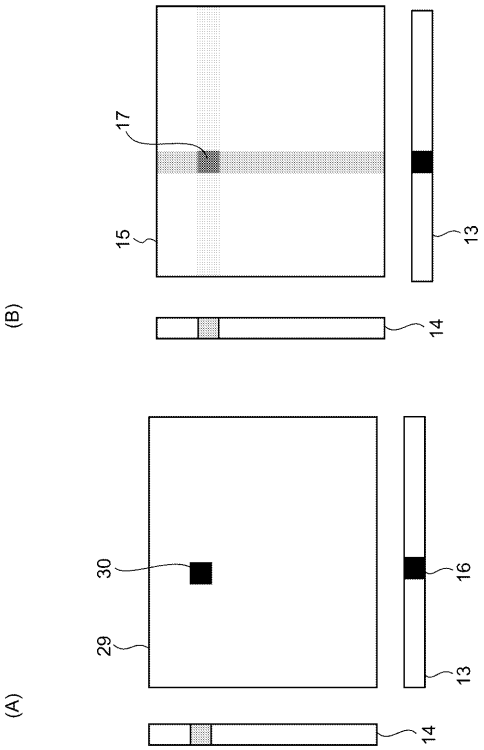
【図５】


(B)
17
18
15
13
14
(A)
30
29
16
13
14

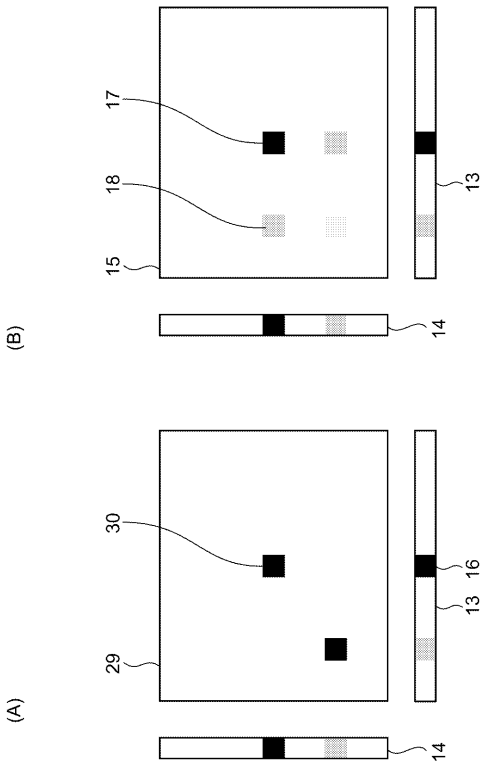
【図６】


(B)
17
18
15
13
14
(A)
30
29
16
13
14

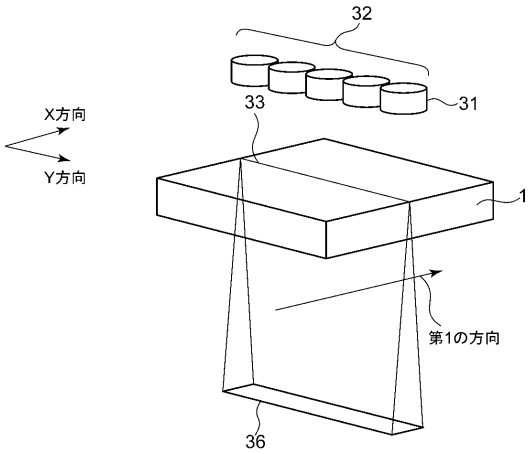
【図７】


(B)
17
15
13
14
(A)
30
29
16
13
14

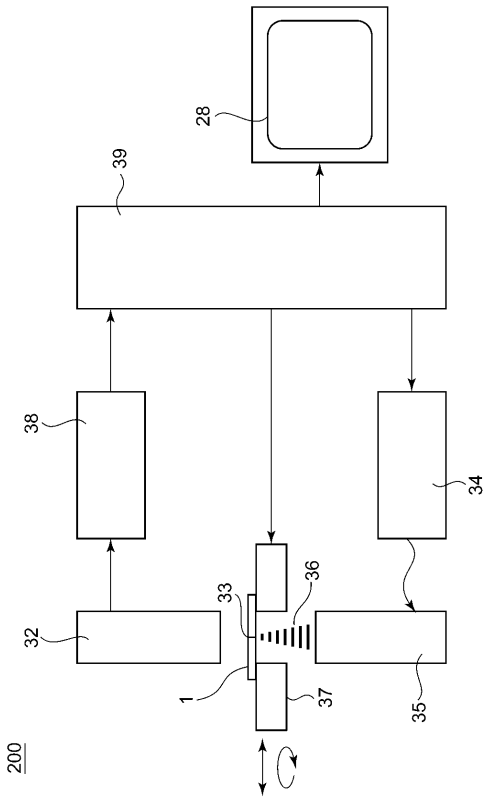
【図８】


(B)
17
18
15
13
14
(A)
30
29
16
13
14

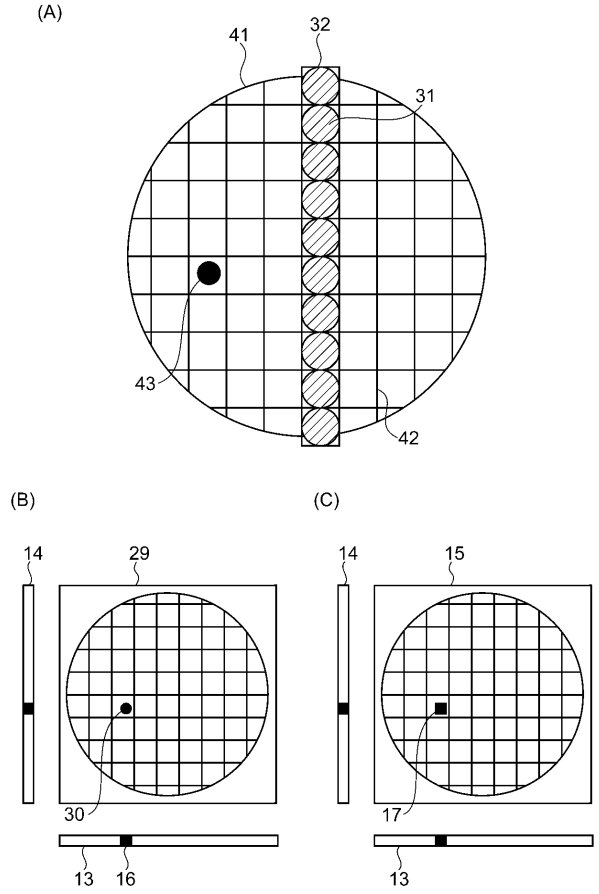
【図９】


X方向
Y方向
32
33
31
1
第1の方向
36

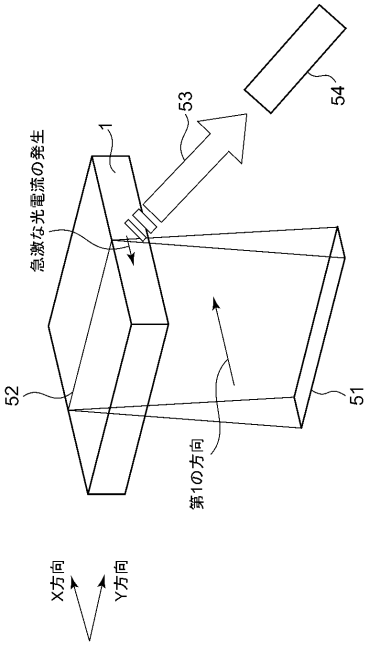
【図１０】


28
39
38
34
32
33
36
1
37
35
200

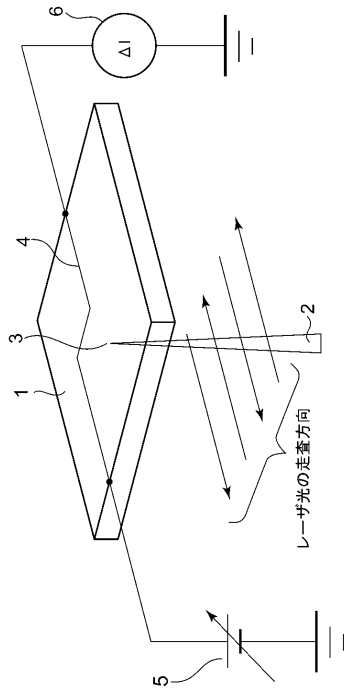
【図１１】



【図１２】



【図１３】



【図１４】

