

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3914570号
(P3914570)

(45) 発行日 平成19年5月16日(2007.5.16)

(24) 登録日 平成19年2月9日(2007.2.9)

(51) Int.C1.

F 1

G02F 1/13 (2006.01)

G02F 1/13 101

G02F 1/1343 (2006.01)

G02F 1/1343

G01R 31/00 (2006.01)

G01R 31/00

請求項の数 5 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平9-503307
 (86) (22) 出願日 平成8年6月11日(1996.6.11)
 (65) 公表番号 特表平10-509531
 (43) 公表日 平成10年9月14日(1998.9.14)
 (86) 國際出願番号 PCT/US1996/010219
 (87) 國際公開番号 WO1997/000452
 (87) 國際公開日 平成9年1月3日(1997.1.3)
 審査請求日 平成15年5月22日(2003.5.22)
 (31) 優先権主張番号 60/000,181
 (32) 優先日 平成7年6月13日(1995.6.13)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 08/651,417
 (32) 優先日 平成8年5月22日(1996.5.22)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者
 フォトン・ダイナミクス・インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国・95035・カリフォルニア州・ミルピタス・マッカーシー ブレバード・1504
 (74) 代理人
 弁理士 山川 政樹
 (74) 代理人
 弁理士 黒川 弘朗
 (74) 代理人
 弁理士 紺野 正幸
 (74) 代理人
 弁理士 西山 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 M U R A 検出装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の画素を含む、フラット・パネル・ディスプレイ用の基板上の M u r a 欠陥を識別する方法であって、

第2の画素で画定される背景画像上に画定され、第1の画素で画定されるプロップを備える画素を得てフレーム・データとして記憶するステップと、

プロップおよび背景画像の、第1の値の第1の画素および第2の値の第2の画素で定められる2進表現を作成するために画像のしきい値を求めるステップと、

プロップに対応する画像内の画素からプロップの平均プロップ画素値を算出するステップと、

第1の値の第1の画素に隣接する第2の値の第2の画素の一部を第1の値の第2の画素に変換することによってプロップの2進表現を拡張させ、プロップの拡張2進表現を定めるステップと、

プロップの2進表現とプロップの拡張2進表現とのX O R を実行し、第1の値の第2の画素を備える環状領域を定めるステップと、

環状領域に対応する画像内の画素から背景画像の平均背景画像画素値を算出するステップと、

平均背景画像画素値と平均プロップ画素値を比較し M u r a 欠陥を識別するステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

複雑の画素を含む、フラット・パネル・ディスプレイ用の基板上の M u r a 欠陥を検出する方法であって、

10

20

る方法であって、

基板の画像を得るステップと、

画像から複数のサブサンプル画像を作成するステップと、

複数のサブサンプル画像のそれぞれのMura欠陥の位置に応答して基板内のポテンシャルMura欠陥の位置を判定するステップと、

複数のサブサンプル画像のそれぞれのポテンシャルMura欠陥の位置に応答して基板のMura欠陥を判定するステップと

を含むことを特徴とする方法。

【請求項3】

複数の画素を含む、フラット・パネル・ディスプレイ用の基板上のMura欠陥を検出する方法であって、

10

基板の画像を得るステップと、

複数のフィルタを個別に画像に適用して複数のフィルタ済み画像を形成し、複数のフィルタが、それぞれの異なる周波数カットオフを有するステップと、

複数のフィルタ済み画像のそれぞれのしきい値を求め複数のしきい値画像を形成するステップと、

しきい値を超える複数のしきい値画像内のそれぞれの画素の位置に応答して基板内のポテンシャル欠陥画素の位置を判定するステップと、

基板内のポテンシャル欠陥のある画素の位置に応答して基板のMura欠陥を検出するステップと

20

を含むことを特徴とする方法。

【請求項4】

複数の画素を含む、液晶ディスプレイ用の基板のMura欠陥を検出するコンピュータ・システムであって、

基板の画像を得る画像獲得装置と、

画像から複数のサブサンプル画像を作成するサンプラと、

異常値を有する複数のサブサンプル画像のそれぞれの画素の位置に応答して基板内のポテンシャルMura欠陥の位置を判定する画素ディターミナと、

基板内の判定されたポテンシャル欠陥のある画素の位置に応答して基板のMura欠陥を判定するMuraディターミナと

30

を備えることを特徴とするコンピュータ・システム。

【請求項5】

複数の画素含む、液晶ディスプレイ用の基板のMura欠陥を検出するコンピュータ・システムであって、

基板の画像を得るように画像獲得装置に命令するコードと、

画像から複数のサブサンプル画像を作成するコードと、

異常値を有する複数のサブサンプル画像のそれぞれの画素の位置に応答して基板内のポテンシャル欠陥画素の位置を判定するコードと、

基板内の判定されたポテンシャル欠陥のある画素の位置に応答して基板のMura欠陥を判定するコードと

40

を含むコンピュータ読み取り可能メモリを備えることを特徴とするコンピュータ・システム。

【発明の詳細な説明】

発明の背景

本発明は、自動試験検査方法および装置に関する。単に一例として、欠陥を分類し、具体的には基板の「Mura」型欠陥を検出する自動検査方法および装置として本発明を示す。基板には、液晶フラット・パネル・ディスプレイ、アクティブ・マトリックス・ディスプレイなどが含まれる。

液晶フラット・パネル・ディスプレイ(LCD)などの使用は、引き続き急速に増大している。ポータブル・ビデオ・レコーダ、ポケット・テレビジョン、ノートブック・コ

50

ンピュータ、エンジニアリング・ワークステーション、高精細度テレビジョン（HDTV）などはそのようなディスプレイを組み込んでいる。そのようなディスプレイが引き続き要求されていることに基づいて、業界では、最新の製造ラインを作製するために多額の資本投資がなされている。

しかし、そのような資本投資にもかかわらず、業界では依然として、そのような基板の最終試験および検査を実行する際に、主として人間の試験作業員に依存している。試験作業員は、各ディスプレイの欠陥に関して様々な目視検査を行い、作業員の知覚に基づいてディスプレイの合否を決定する。検査の質および完全性は、合格品または不合格品として特徴付けられたディスプレイの限られたサンプルを使用して訓練された個別の試験作業員に依存する。したがって、検査結果は極めて主観的なものであり、誤りが生じがちであり、様々な製造工程の質を監視し、制御し、向上させるために一貫してかつ効率的に使用することはできない。また、試験基準が主観的であるために、業界全体の品質標準がない。

LCPD生産サイクルの効果的な工程監視および制御は、自動検査機による定量的で定性的な検査方法を通じてのみ可能である。最初の自動検査装置の1つの例は、1992年にフォトンダイナミック社（Photon Dynamics, Inc. (PDI)）、すなわち本出願人によって構想された。第1図は、LCPD製造工程10の最終試験段階時の自動検査装置の役割を示す。LCPDは、ステップ12で完成され、ステップ14でフラット・パネル検査装置によって1回目の検査が行われ、ステップ16でモジュール組立が行われ、ステップ18でフラット・パネル検査装置によって2回目の検査が行われ、ステップ20で出荷され、ステップ22でフラット・パネル検査装置によって納入検査が行われる。通信網24は、フラット・パネル検査システムでの各検査とプロセス制御ワークステーション26との間のインターフェースを形成する。

最終検査で発見される主要なLCPD欠陥は多くの場合、画素欠陥またはワイドエリア画素欠陥（Mura欠陥とも呼ばれる）である。LCPDの製造工程の問題によってしばしば、Mura欠陥が発生する。製造上有る種の問題によってある種のMura欠陥が発生するので、製造上の問題を識別し、解消すると、その後の処理ラン時のMura欠陥が低減されることが多い。しかし、Mura欠陥を範疇ごとに認識し、そのような欠陥を製造工程中のステップに関係づけることは多くの場合困難である。特に、試験作業員がMura欠陥を識別し、高い効率及び高い費用効果で分類するのは困難であることが多い。したがって、欠陥タイプを識別しそのようないくつかの欠陥を分析できるように分類する容易な方法は現在のところ存在しない。

上記のことから、多くの場合、Mura欠陥などの欠陥を効率的に識別し分類する方法および装置が望ましいことが分かる。

発明の概要

本発明によれば、基板のMura欠陥などの欠陥を検出し分類する方法および装置が提供される。本発明の方法は、欠陥を分析するためにMura欠陥をエンハンスするステップのシーケンスを含む。

一実施形態によれば、第1の複数の画素を含む、フラット・パネル・ディスプレイ用の基板上のMura欠陥を検出し、基板の少なくとも一部の第2の複数の画素を含み、かつ第2の複数の画素からの画素の値を含む画像を得るステップと、第2の複数の画素からの画素の値の差をエンハンスして、第2の複数の画素からの画素のエンハンス値を含むエンハンス画像を形成するステップとを含む。第2の複数の画素からの画素のエンハンス値のしきい値を求め、第2の複数の画素からの画素のしきい値を含むしきい値画像を形成するステップと、しきい値画像に応答して基板の一部内の少なくとも1つのプロブ（Blob）を形成する第3の複数の画素を識別するステップみ含まれる。この方法は、第3の複数の画素の値と、少なくとも1つのプロブの周りの環状領域に対応する画素の値を比較するステップと、比較ステップに応答してMura欠陥を判定するステップも含む。

他の実施形態によれば、第1の複数の画素を含む、フラット・パネル・ディスプレイ用の基板上のMura欠陥を検出するコンピュータ・システムであって、基板の少なくとも第2の複数の画素を含む一部の、第2の複数の画素からの画素の値を含む画素を得る画像獲

10

20

30

40

50

得装置と、第2の複数の画素からの画素の値の差をエンハンスしてエンハンス画像を形成する、そのエンハンス画像は第2の複数の画素からの画素のエンハンス値を含むエンハンサとを備える。第2の複数の画素からの画素のエンハンス値のしきい値を求めてしきい値画像を形成する、そのしきい値画像が、第2の複数の画素からの画素のしきい値を含むスレッショルダと、しきい値画像に応答して基板に一部内の少なくとも1つのプロブを形成する第3の複数の画素を識別するアイデンティファイアも設けられる。このコンピュータ・システムは、第3の複数に画素の値と、少なくとも1つのプロブの周りの環状領域に対応する画素の値を比較する比較器と、Mura欠陥を判定するために比較器に結合されたデータミナも備える。

他の実施形態によれば、複数の画素を有する、液晶ディスプレイ用の基板のMura欠陥を検出する方法であって、基板の画像を得るステップと、画像から複数のサブサンプル画像を作成するステップとを含む。この方法は、異常値を有する複数のサブサンプル画像のそれぞれの画像の位置に応答して基板内のポテンシャル欠陥のある画素の位置を判定するステップと、基板内の判定されたポテンシャル欠陥のある位置に応答して基板のMura欠陥を判定するステップも含む。

他の実施形態によれば、複数の画素を含む、液晶ディスプレイ用の基板のMura欠陥を検出するコンピュータ・プログラムを含むコンピュータ・システムであって、画像獲得装置に基板の画像を得るように命令するコードと、画像から複数のサブサンプル画像を作成するコードとを含むコンピュータ読み取り可能なメモリを備える。コンピュータ読み取り可能なメモリは、異常値を有する複数のサブサンプル画像のそれぞれの画素の位置に応答して基板のポテンシャル欠陥のある画素の位置を判定するコードと、基板内の判定されたポテンシャル欠陥のある位置に応答して基板のMura欠陥を判定するコードも含む。

本発明は、下記の詳細な説明を添付の図面と共に参照すればより良く理解されよう。

【図面の簡単な説明】

第1図は、従来型の自動検査機の使用法の簡略化されたブロック図である。

第2図は、従来型のフラット・パネル・ディスプレイのラインMura欠陥の例を示す図である。

第3図は、従来型のフラット・パネル・ディスプレイのエリアMura欠陥の例を示す図である。

第4A図は、本発明による検査装置の実施形態の簡略化された図である。

第4B図は、本発明の実施形態によるシステムのブロック図である。

第5図は、本発明によるMura検出方法の簡略化された流れ図である。

第6図は、好ましい実施形態によるラインMuraを検出する方法の簡略化された流れ図である。

第6A図は、画像プロセッサによって欠陥特有のフィルタリングを実行するステップの好ましい実施形態の流れ図である。

第6B図は、各画像のしきい値を求めてプロブを作成するステップの好ましい実施形態の流れ図である。

第6C図は、しきい値画像からプロブを作成し分析するステップの詳細な流れ図である。

第6D図は、ステップ欠陥分析の好ましい実施形態の流れ図である。

第7図は、本発明によるスポットMura検出方法の簡略化された流れ図である。

第8A図は、環状領域を定めるプロセスを示す図である。

第8B図は、環状領域を定めるプロセスを示す図である。

第8C図は、環状領域を定めるプロセスを示す図である。

第9図は、後処理方法の一実施形態に流れ図である。

第10図は、画像に対する後処理の実施形態の一例を示す図である。

特定の実施形態の説明

用語集

下記の語は、本明細書では、下記の一般的な意味を有する。

Mura欠陥：例および定義

10

20

30

40

50

Mura欠陥は、欠陥を囲んでいる近傍とは異なる、あるいは異常な照明領域（基板上の画素）として定義され、パターン化輝度むら（BNU）とも呼ばれる。BNUは一般に、LCDP对中国して正常な画像獲得装置位置によって測定され、一般にコントラストが非常に低い。基板の各領域は多くの場合、その領域を囲む画素よりも明るく、あるいは暗く見え、特定のコントラストしきい値限界、すなわちBNUに達し、あるいはそれを超えたときにMura欠陥として分類される画素を含む。Mura欠陥が常に明確に定義されるわけではなく、さらにMura欠陥内で、BNUが均一でないこともあることに留意されたい。これに対して、画素欠陥は、それぞれの画素の近傍の画素以上のあるいは以下の照明点として定義される。画素欠陥には、個別の画素や、クラスター化画素や、目視検査時に自明な画素のライン・セグメントを含めることができる。

10

本発明は、一例として、それぞれ、第2図および第3図に示した、2種類のMuraクラス、すなわちラインMura欠陥およびエリアMura欠陥を用いて例示される。

ラインMura欠陥

第2図は、通常のラインMura欠陥を示す。ラインMura欠陥は、近傍とは異なる照明に狭い直線ストリップまたは湾曲ストリップとして定義される。言い換えれば、ラインMura欠陥を構成する画素は、ラインMura欠陥を囲む画素の値と比べて異常な画素値を有する。この欠陥は、基板内のある場所から始まりある場所で終わり、基板の全長を横切って延びる。ラインMura欠陥は、ストリップの長さおよび幅ならびに発生角度によって分類される。通常、そのような欠陥は、長さ・幅比が20を超える。下記で形状、寸法、位置に応じて分類される数種類のラインMura欠陥がある。これらの欠陥を発生させる通常の製造工程もリストする。

20

a) ラビング・ラインMura

i) パネル内のある場所にあるラビング角度での細くて短く、あるいは長いライン・セグメント

ii) 上記のような幅が広くて短く、あるいは長いライン・セグメント

注意：2つのラビング・ラインMuraタイプは、単独で発生することも、あるいは群として発生することもあり、ラビング工程で使用される機械ローラの表面が不完全であるために位置合わせ層ラビング工程に関係付けられる。

b) 不規則ラインMura

パネル領域内のある場所に現れるアークまたはL字形ライン・セグメント

30

注意：不規則ラインMuraは多くの場合、清掃工程残留物または位置合わせ層ラビング工程によって偏光器とガラスとの間に捕捉される粒子汚染または纖維汚染のために発生する。

c) ブロック境界ラインMura

パネル縁部に水平または垂直な、パネルのドライバ・ブロックの長さに沿って延びる細く長いライン

注意：ブロック境界ラインMuraは多くの場合、装置ブロックのシームレス継手が不完全であるために発生する。

エリアMura欠陥

第3図は、通常のエリアMura欠陥を示す。エリアMura欠陥は、近傍とは異なる照明群（基板上の画素）として定義される。言い換えれば、エリアMura欠陥を構成する画素は、エリアMura欠陥を囲む画素の値と比べて異常な画素値を有する。エリアMura欠陥の寸法は、スポット形Muraの場合の直径約6画素からパネル表示領域の約25%までの範囲である。下記で形状、寸法、位置に応じて分類される数種類のエリアMura欠陥がある。これらの欠陥を発生させる通常の製造工程もリストする。

40

a) スポットMura

i) 楕円形のスポット、楕円率は、円からほぼ線までの範囲であってよい。

注意：楕円形スポットMuraは多くの場合、セルすき間の変動またはスペーサ・ボールのクラス化のために発生する。

ii) 円形のクラスタ・タイプ・スポット

50

注意：クラスタ・タイプ・スポット Mur a は多くの場合、スペーサ・ボール上に蓄積された静電荷のために発生する。

b) フィル・ポート Mur a

i) フィル・ポートに位置する橢円形状

ii) フィル・ポートから弧状に延びる複数のライン

注意：両方のタイプのフィル・ポート Mur a は多くの場合、液晶材料の汚染のために発生する。

c) パネル・エッジ Mur a

i) パネル活動領域の周辺全体の周りに位置する。

注意：パネル・エッジ Mur a は多くの場合、偏光器の変動または硬化されていないエポキシ・ボード材料の局部ブリーディングのために発生する。 10

d) 不規則形状 Mur a

i) 波状アーチ形状は、小さく太い形状からより規則的な L 字までの範囲である。

注意：不規則形状 Mur a は多くの場合、偏光器とガラス清掃工程残留物との間に捕捉された纖維汚染、または位置合わせ層ラビング工程のために発生する。

ライン Mur a やエリア Mur a など前述の欠陥の定義は、本発明による下記の実施形態で使用される。

システムの概要

第4A図は、本発明による検査装置 400 の一実施形態の簡略化された図である。本発明は、フォトンダイナミクス社から市販されている FIS-250 マシンまたは FIS-300 マシンとして具体化することが好ましい。この検査装置は、LCDパネル 402 などのフラット・パネル・ディスプレイを含む。LCDパネル 402 は、摺動可能なテーブル 406、およびディスプレイ・パネルを所定の位置に固定するために下降されるヒンジ付きフレーム 408 上に位置決めされる。摺動可能なテーブル 406 によって、CCD型カメラなどのカメラ 412 の下方の x - y 平面上に LCD パネルを位置決めすることができる。摺動可能なテーブルによって、LCD パネルをカメラに対してシフトすることもできる。別法として、カメラは、LCD パネルに対してシフトするために x - y 平面上に取り付けられる。可撓性リボン型ワイヤ 414 は、駆動信号を試験システム内の画素駆動回路からヒンジ付きフレーム 408 上の導体に供給する。カメラ 412 は、好ましくは高解像度カメラであり、検査装置の上部本体 426 に収容される。モニタ 428、コンピュータ 432、キーボード 434 も示されている。検査装置は、他の特徴として複数のカラー・フィルタ 436 も含む。そのような検査装置の一例は、すべての目的に関して引用によって本明細書に編入された米国特許出願第 08/394668 号（弁理士ドケット番号 14116-35-2）に記載されている。 20

フラット・パネル・ディスプレイ（FPD）は、遮光境界に囲まれた規則的にパターン化された発光領域を含む。発光領域は電気的にアドレスされ、しばしば画素と呼ばれる。画素は、不透明の境界を用いて互いに等間隔に配置され、二次元周期的パターンを形成する。

CCDカメラは、フラット・パネル・ディスプレイと同様な構成を有する。カメラの各画素は、カメラ画素に当たった光の量に比例する（電圧を有する）電気信号に変換することによって光に応答する。カメラ画素は、光に応答しない境界を含む。各画素は、互いに等間隔に配置され、二次元の周期的パターンを形成する。画素パターンは、CCDカメラに当たる画像を画定する光強度の離散サンプリング・ポイントを形成する。 40

FPD画素の画像のカメラ画素離散サンプリングによって、当技術分野では一般にモアレ干渉と呼ばれる干渉パターンが形成される。干渉パターンは、CCDカメラによって生成される画像電圧信号の周期的変調である。変調の周期は、CCD画素およびフラット・パネル画素のパターンの周期の関数である。画像の周期的変調はしばしば、フラット・パネル・ディスプレイ上に存在する実際の欠陥を検出し特徴付ける検査システムの能力を阻害する。実際の欠陥も、信号を変調するが、周期性を有さない傾向がある。したがって、多くの場合、周期的変調を低減させ、場合によってはなくする方法を使用して、実際の欠陥 50

が厳密に検出される。前述の特許出願第08/394668号は、周期的変調を低減させ、場合によってはなくする選択された技法を例示している。

第4B図は、本発明の一実施形態によるシステム200のブロック図である。システム200は、モニタ210と、コンピュータ220と、キーボード230と、マウスと、画像センサ240と、位置決め装置250とを含む。コンピュータ220は、プロセッサ260や、ランダム・アクセス・メモリ(RAM)270などのメモリ記憶装置や、ディスク・ドライブ280や、前述の構成要素を相互接続するシステム・バス290など一般なコンピュータ構成要素を含む。システム・バス290にネットワーク・インターフェース装置(図示せず)を結合してシステム200でネットワーク・アクセスを可能にことができる。

マウスは、グラフィカル入力装置の一例に過ぎず、ポインティング装置とも呼ばれ、他の例としてデジタイジング・タブレットがある。RAM270およびディスク・ドライブ280は、コンピュータ・プログラムを記憶する有形媒体の一例であり、他のタイプに有形媒体には、フロッピー・ディスク、取り出し可能なハード・ディスク・ネットワーク・サーバ、CD-ROMやバーコードなどの光学記憶媒体、フラッシュ・メモリや読み取り専用メモリ(ROM)やASICやバッテリ付き揮発性メモリなどの半導体メモリなどが含まれる。システムは、PCIバスや、VMEなどでよい。

位置決め装置250によって、ユーザは、前述のように画像センサ240を基板に対して位置決めすることができる。x-yステップ・ステーションは、周知の位置決め装置の一例に過ぎない。

好みの実施形態では、システム200は、サン・マイクロシステムズ社(Sun Microsystems, Inc.)から市販されているソラリス(Solaris)TM4.1オペレーティング・システムを実行するサン・スパークステーション(Sun SparcStation)TM5と、フォトン・ダイナミクス社から市販されている独自のハードウェアおよびソフトウェアとを含む。

第4B図は本発明を具体化する1つのシステム・タイプのみを表す。当業者には、多数のシステム・タイプおよび構成が、本発明と共に使用するのに適していることが容易に明らかになろう。

Muraの分類

特定の実施形態では、本発明は、基板のMura欠陥を識別し分類する方法および装置を提供する。この識別技法および分類技法は、背景の画素に対する「異常」値を有する画素のコントラストに基づくものであることが好みの。このコントラストを輝度むら値BNUと呼ぶ。

画素に関する相対的な輝度むらは約1ないし約5として定格化され、この場合、5は高いコントラストを表し、1は最も低いコントラストを表す。特定の実施形態では、各BNU値がグレー・スケールのパーセンテージの差と相關付けられる(周知のように、グレー・スケールは、たとえば非活動状態画素と完全に活動状態の画素との間で得られる輝度レベルの総数を表す)。相關の一例を表1に示す。

BNU	グレー・スケール%
1	0.7
2	3.5
3	6.4
4	9.0
5	12.0

10

表1：BNUとグレー・スケール%の相関

別法として、BNU値は、異なる相関付けによってグレー・スケールに相関付けることができる。BNU値は、1ないし10、1ないし20などの範囲でもよい。BNU値の範囲が増加するにつれて、BNU値とグレー・スケールとの間の相関が増減する。BNU値はグレー・スケールの%に対して線形関係を有することが好ましい。もちろん、使用される正確なBNU値およびBNU値とグレー・スケール・パーセンテージとの関係は特定の応用例に依存する。

20

本発明の識別技法では、基板の欠陥にエンハンスされた識別を効率的に行うことができる。この識別に基づいて、その欠陥の原因となった製造工程の判定がエンハンスされる。その後、将来の生産ランにおけるそのような欠陥を予防するように製造ステップを修正することができる。本発明により、一部には欠陥の属性にもとづいてMura欠陥の分類ができる。下記のパラグラフAないしEでは、Mura欠陥タイプの例およびその特定の属性について説明する。具体的な属性には、Mura欠陥に向き(パラグラフa)、欠陥の位置(パラグラフb)、欠陥の幅(パラグラフc)、欠陥の長さ(パラグラフd)、BNU値(パラグラフe)などが含まれる。

30

A. ラインMuraパターン

1. センターライン欠陥：多くの場合、回路パターン化位置ずれのために発生し、センターライン・パネルに過度のすき間が存在する欠陥タイプ

- a. 水平配向
- b. パネルの垂直方向のセンタリング
- c. 幅 - 約50ミクロン
- d. 長さの変動
- e. BNU: 3.0ないし4.5

2. 位置合わせ層材料：被膜厚さむらによって、水平ラインおよび垂直ライン(まれである)が発生する。

40

- a. 水平または垂直または傾斜
 - b. 位置の変動
 - c. 不適切に定められたエッジを有する幅
 - d. 長さの変動
 - e. BNU: 1.5 - 3.0
3. 位置合わせ層ラビング欠陥：この欠陥は多くの場合、ラビング・ローラとプレートとの間の粒子汚染のために発生する。
- a. 傾斜(角度はユーザには分かる)
 - b. 位置に変動
 - c. 幅1mmないし2mm

50

d . 長さの変動

e . B N U : 2 . 0 ないし 3 . 0

4 . 位置合わせ層清掃欠陥 : この欠陥は通常、位置合わせ層清掃工程の残留物のために発生する複数の短い波状ラインである。

a . 傾斜 (一般に、位置合わせ層の角度に従う)

b . 位置の変動。しかし、クラスタ化が重要な特徴であることもある。

c . 幅 1 mm ないし 3 mm

d . 長さが短い (5 mm ないし 10 mm)

e . B N U : 1 . 5 ないし 3 . 0

5 . 繊維汚染欠陥 : 繊維汚染は通常偏光器とガラスの間で捕捉される。

10

a . 特定の向きをとらない

b . 位置に変動

c . 幅 (50 ~ 500) ミクロン

d . 通常アーチ形

e . B N U : 1 . 5 ないし 2 . 5

B . スポット M u r a パターン

1 . 楕円形スポット : 楕円形スポットは多くの場合、セルすき間の変動またはスペーサ・ボールのクラスタ化のために発生する。

a . 楕円率が円からほぼ線までの範囲である楕円形

20

b . パネル上の位置の変動

c . 外径 : 3 mm ないし 50 mm

d . 長さは直径によって決まる。

e . B N U : セルすき間の場合は 2 . 0 ないし 3 . 5

スペーサ・ボール・クラスタの場合は 3 . 0 ないし 5 . 0

2 . クラスタ・タイプ・スポット M u r a : クラスタ・タイプ・スポット M u r a は多くの場合、スペーサ・ボール上の静電荷蓄積のために発生する。この結果、円形輝度むらの密度が高くなる。

a . 円形

b . パネルの最大 25% が高密度でカバーされる。

c . 直径 : 1 mm ないし 3 mm

30

d . 長さは直径によって決まる。

e . B N U : 1 . 0 ないし 2 . 5 (高密度の円形輝度むら)

C . フィル・ポート M u r a

1 . ライン・タイプ輝度むら : ライン・タイプ輝度むら M u r a は、液晶材料の汚染のために発生する、フィル・ポートから弧状に延びる複数のラインである。

a . アーチ形ライン

b . フィル・ポートに位置する。

c . ライン幅 : 1 mm ないし 5 mm

d . 長さ : 25 mm

e . B N U : 2 . 0 ないし 3 . 0

40

2 . スポット・タイプ : スポット・タイプ・フィル・ポート M u r a は、フィル・スポットに位置する楕円形輝度むらである。

a . 楕円形

b . フィル・ポートに位置する。

c . 外径 : 5 mm ないし 15 mm

d . 長さ 直径によって決まる。

e . B N U : 3 . 0 ないし 4 . 5

3 . アーチ形領域 : アーチ形領域欠陥は、フィル・ポートの両側のソリッド・アーチ形領域である。

a . アーチ形状を有するエリア・タイプ B N U

50

b . フィル・ポートに位置する。

c . パネル領域の約 25 %

d . 長さ、占有されるパネル領域によって決まる。

e . BNU : 2.0ないし3.0

D . パネル・エッジMura

1 . パネル・エッジMuraは、パネル活動領域の周囲全てに位置する輝度むらである。

通常は偏光器のばらつきによって発生する。

a . 帯状幅

b . 活動領域の周囲全体に位置する

c . 幅約 5 ~ 15 mm

10

d . 長さは周囲によって決まる

e . BNU : 3.5ないし4.0

E . ブロックMura

1 . ブロックMuraは、障害のある行ドライバまたは列ドライバのために発生する、大きな矩形領域の輝度むらである。BNUは、ソリッドであることも（多くの場合、完全なドライバ障害のために発生する）、あるいは「ノイジー」（多くの場合、パネル・ラインとドライバとの間の接続が不適切であるために発生する）であることもある。

a . 矩形

b . 1つのパネル・ドライブ・セグメントまたはブロック内に位置する（通常、STN-LCD VGA解像度パネルには8つのブロックがある）。

20

c . 幅はセグメントによって決まる。

d . 長さセグメントによって決まる。

e . BNU : ソリッド : 4.5ないし5.0

「ノイジー」 : 3.5ないし4.5

Mura欠陥の特定の属性に関する前述に説明は、Mura欠陥を識別し特徴付けるために本発明によって使用することができる。本発明には、下記の特定の実施形態を通じて説明する、そのような特定の属性を使用する好ましい検出方法も含まれる。

Mura欠陥検出

第5図は、本発明によるMura検出方法の簡略化された流れ図500を示す。

流れ図500はステップ520ないし550を含む。

30

最初にステップ520で、基板の画像（データ・フレーム）を画像獲得装置によって得、あるいはコンピュータ・メモリから検索する。通常の画像獲得装置にはCCDカメラ、ライン・スキャン・カメラ、フレーム・ストア・カメラなどが含まれる。好ましい画像獲得技法の例は、すべての目的のために引用によって本明細書に編入され本出願人に譲渡された米国特許出願第08/394668号（弁理士ドケット番号14116-35-2）に記載されている。別法として、前に得られた基板の画像をコンピュータ・メモリから検索することもできる。

画像が得られた後、本発明はステップ530で、輝度むらを有する基板の画像内の画素を検出する方法を提供する。

次にステップ540で、Mura欠陥を特徴付けする分析ステップを実行する。ステップ550で、Mura欠陥に基づいて、Mura欠陥を発生させる製造工程の特定にステップの識別を向上させる。

40

ラインMura検出方法の詳細を第6図ないし第6D図に示し、スポットMura検出方法を第7図に示す。

ラインMura欠陥

第6図は、好ましい実施形態によるラインMuraを検出する方法の簡略化された流れ図600を示す。流れ図600は、ステップ610ないし670を含む。

本発明のMura検出方法の概要は下記のとおりである。

1 . ラインMura検出方法 :

A . 画像を得る。

50

1. 本明細書に記載した方法の任意の組合せを使用してフラット・パネル・ディスプレイ(F P D)から最初の生画像を得る。

B. サブサンプル画像を生成する。

1. 生画像のサブサンプリングに対する二次元線形補間を実行する。

注意: サブサンプリング周波数は欠陥の寸法に依存する。ライン欠陥に関しては、決定要因は多くの場合、ラインの幅である。

C. 欠陥特有のフィルタリングを実行する。

1. それぞれ、水平軸に対して約0度から約165度まで15度ごとに配向された、指向性ラプラシアン・カーネルを定める。

2. それぞれの指向性カーネルを用いて各画像の畳み込みを実行する。

10

3. 畳み込まれた各画像を組み合わせ、組合せ規則を介して結果画像を形成する。

注意: 組合せ規則は、畳み込まれた各画像の位置に最大値を保存し、完成にエンハンスされた画像を形成する。

D. 画像のしきい値を求めてプロブ(Blob)を作成する。

1. 画像画素値から結果画像のヒストグラム表現を形成する。

2. 全体的な画像統計に基づいて画像画素値を当該オブジェクト(O O I)処理領域として細分する。

注意: 各O O I処理領域は、画像画素値のほぼ独自の範囲をカバーする。

3. 各O O Iの平均および標準偏差に基づいた独立の各O O Iのしきい値

注意: 各O O Iは、しきい値が求められた後、背景に対する2進表現になる。

20

4. しきい値O O I処理領域から最初の2進プロブを定義する。

E. プロブを分析する。

1. (通常、ディスプレイを左右に、次いで上下に走査し、かつ上下左右を組み合わせて走査することによって) 最初の2進プロブにラベル付けする。

2. ラベル付けされた最初の2進バルブを処理マスクとして使用することによって、最初の画像内のプロブ領域の統計を算出する。

3. 最初の2進プロブを拡張させる。

4. 拡張した2進バルブと最初の2進バルブのX O Rを実行し、環状領域を定める。

5. 環状領域を処理マスクとして使用することによって、最初の画像内の環状領域の統計を算出する。

30

6. 最初の画像内のプロブに関する統計と最初の画像内の環状領域の統計を比較し、M u r a欠陥を判定する。

7. M u r a欠陥が判定された場合、M u r a欠陥の延び、長さ、角度、端点座標など、ライン特有の属性を算出する。

8. データ・ファイルを作成し、ライン特有の属性を記憶する。

9. M u r aデータのライン特有の属性と選択された標準を比較する。

F. 欠陥を分析する(前述のM u r a欠陥の特徴付けを参照されたい)。

1. パネル上の欠陥位置を識別する。

2. 向き、形状、角度を識別する。

3. 欠陥の幅および長さを識別する。

40

4. 欠陥の曲率を識別する。

5. 欠陥のB N U単位を識別する。

G. 選択的後処理

1. ラインM u r a検出方法による画像タイプ・ライン欠陥の誤った検出をなくする。

2. 2つ以上の空間サブサンプリング速度で同じ欠陥が見つかる重複検出をなくする。

第6 A図ないし第6 D図および前述の概要を参照し、この方法について詳しく説明する。

M u r a検出の第1のステップは、ステップ610で、基板の画像を得て、あるいは画像をメモリから検出することを含む。当技術分野で知られている選択された1つまたは複数の画像獲得装置および技法によって画像を得る(あるいは捕捉する)ことが好ましい。もちろん、使用される特定の技法は、応用例に依存する。本発明は、画像獲得技法のタイプ

50

をこの画像獲得技法またはその他の技法に制限するものでもない。

画像が得られた後、画像プロセッサはステップ 620 で、複数のサブサンプル画像を生成する。サブサンプル画像は、最初の画像から直接サブサンプルすることも、あるいは前のサブサンプル画像からサブサンプルすることもできる。

最初の画像をサブサンプルする回数および率の選択は、欠陥空間周波数に基づいて行われる。たとえば、1つの新しい画素に対して4つの正方形画素の割合で二次元画像をサンプリングする場合、新しいサブサンプル画像の空間周波数は实际上、最初の周波数の半分である。サブサンプリング周波数は一般に、欠陥の寸法、またはユーザが検出したい欠陥ラインの幅に依存する。

下記の処理ステップはそれぞれ、個別のサブサンプル画像に作用する。たとえば、ステップ 630 ないし 670 は最初の画像に作用し、次いで第 1 にサブサンプル画像に作用し、次いで第 2 のサブサンプル画像に作用し、以下同様である。選択的後処理のステップ、すなわちステップ 670 で、後述のように、作用された各画像のデータが組み合わされる。

第 6 A 図は、画像プロセッサによって欠陥特有のフィルタリングを実行するステップの好みの実施形態の流れ図を示す。第 6 A 図は、ステップ 632 ないし 636 である。

当業者には良く知られているように、画像の周波数フィルタリングは、画像を畳み込みカーネルで畳み込むことによって時間ドメインで行うこと、あるいは別法として、画像のフーリエ変換にフィルタに画像を乗じることによって周波数ドメインで行うこともできる。この実施形態では、時間ドメインでの畳み込みが好み。

一実施形態では、欠陥特有のフィルタリングを実行するステップは、ステップ 632 で方向特有のラプラシアン・カーネルを定めることによって開始する。一実施形態では、ラプラシアン・カーネルは指向性であり、0 度から始まり、約 15 度ずつ約 165 度まで増分する。この場合、12 個のカーネルが定められる。0 度および約 75 度の 4×4 ラプラシアン・カーネルを下記に示す。

-1	-1	-1	-1
1	1	1	1
1	1	1	1
-1	-1	-1	-1

-1	1	1	-1
-1	1	1	-1
1	1	-1	-1
1	1	-1	-1

代替実施形態では、他のカーネル寸法および増分度が構想される。最も小さな角度増分は多くの場合、特定のシステムの処理機能およびカーネル寸法に依存する。もちろん、技術が進歩するにつれて、單一度増分など、より小さな角度増分が構想される。

次に、ステップ 636 で、各画像が、それぞれの指向性カーネルで個別に畳み込まれ、したがって複数のフィルタ済み画像が形成される。上記の各ラプラシアン・フィルタは指向

10

20

30

40

50

性なので、各フィルタ済み画像は、最初の画像内の特定の方向を向いたエッジ（隣接する画素の値の差）をエンハンスする。上記の例では、そのような12個のフィルタ済み画像が生成される。

次に、ステップ636で、組合せ規則を介してフィルタ済み画像が組み合わされ、エンハンス済み画像が生成される。このステップ・シーケンスによって、各画像内の微細形状のエッジ（強度値の差）が強調表示される。

ステップ630の代替実施形態では、周知Sobel演算子を使用して、画像内の微細形状のエッジがエンハンスされ強調表示される。

第6B図は、各画像のしきい値を求めてプロブを作成するステップに関する好ましい実施形態に流れ図を示す。第6B図は、ステップ642ないし646を含む。

本発明の一実施形態では、画像のしきい値を求めるステップは、ステップ642で通常ステップ630の後でエンハンス済み画像を表すヒストグラムを形成するステップから開始する。周知のように、ヒストグラムは、画像内の画素の輝度を、通常はグレー・スケール対画素数の形で表す。ヒストグラムは多くの場合、輝度を表すx軸と、画素数を表すy軸を定義する。

次に、ステップ644で、各画像が当該オブジェクト（OOI）領域として細分される。各OOIは通常、異常な強度を有する画素のクラスタを含む画像の領域を含む。各OOI処理領域は多くの場合、Mura欠陥、スポットMura欠陥、背景照明など、特定の画像微細形状を表す。ヒストグラム内のほぼ独自の範囲の画素値が各OOIを識別することが好ましい。

OOIが決定された後、ステップ646で、画素しきい値に基づいて画像内の各OOIが2進化され、しきい値画像が形成される。画素しきい値は、それぞれのOOIの平均および標準偏差によって求めることが好ましい。

本発明の代替実施形態では、各エンハンス済み画像ごとのしきい値は、それぞれのエンハンス済み画像全体の平均および標準偏差に応答して求められる。

通常しきい値は画像の平均から標準偏差の2~3倍離れたところに設定される。

各しきい値は、画像上の他の画素よりも明るい画素を見つけ、画像上の他の画素よりも暗い画素を見つけるように異なるように設定することができる。

第6C図は、しきい値画像からプロブを作成し分析するステップの詳細な流れ図を示す。

第6C図は、ステップ651ないし659を含む。

本発明の一実施形態では、ステップ651で、各しきい値画像からプロブが判定されラベル付けされる。プロブは、背景値に対するOOI処理領域の2進表現として表される。たとえば、プロブは、白い背景照明に対する完全に黒い画像として定義することができる。プロブは通常、各処理OOI領域から判定される。

ラベル付けステップ651では、各2進にプロブにラベルが（通常は数値形で）割り当てられる。ラベルは、昇順などの番号、英字、その他の文字など、独自のラベルであることが好ましい。画像プロセッサは多くの場合、プロブ画像を左右、上下などに走査し、あるいは上下左右を組合せて走査し、各2進プロブを識別しラベル付けする。ラベル付けステップでは、各プロブが識別され（あるいは明確に特徴付けられ）、次に分析するために記憶される。いくつかの実施形態では、ラベル付けステップは必要とされないが、あった方が好ましい。

次に、この実施形態では、ステップ652で、検出された各プロブに関する物理統計が算出される。ラベル付き2進プロブは、プロブ領域に対応する最初の画像の部分の選択された統計を測定する処理マスクとして働く（寸法、形状が類似しているが、グレー・レベルが一定であるため）。基準点として、プロブ領域内の最初の画像の範囲、平均、標準偏差など、選択された統計は、計算によって容易に得られる。選択された統計は、最初の画像内のプロブの実際の特性を定義する。

次のステップでは、ステップ653でプロックが拡張され、ステップ654で、各プロブの周りの「環状」領域が判定される。この領域は通常、プロブの周辺に沿ったものである。好ましい実施形態では、拡張したラベル付き2進プロブとラベル付き2進プロブとXO

10

20

30

40

50

R（排他的OR）によって環状領域が定められる。「Top Hat」や閉鎖アルゴリズムなど、他の技法を使用して、ラベル付き2進プロブの周辺を囲む環状領域を画定することもできる。もちろん、特定の技法は多くの場合、応用例に依存する。第8A図ないし第8C図は、環状領域を画定するプロセスを示す。

第8A図に示したように、上記のステップの後、第8A図に示したように、しきい値画像810内にプロブ800が識別される。次に、第8b図に示したように既知の形態技法を使用して、プロブ800が拡張されプロブ820が形成される。拡張ステップでは、ラベル付けされた2進プロブ画像の空間畳み込みが使用される。本発明の好ましい実施形態では、下記の畳み込みカーネルを使用し、その後しきい値レベル1を使用することによって、空間畳み込みを行うことができる。

1	1	1
1	1	1
1	1	1

10

上記の畳み込みカーネルでは、ラベル付き2進プロブが周囲の周りに1画素または2画素またはそれ以上拡張される。第8c図で、プロブ800および820の排他的OR（XOR）が求められ、環状領域830が形成される。

20

次のステップで、ステップ655で、（ステップ654で）プロブの環状領域が見つかった位置に対応する最初の画像内の画素が判定される。次いで、平均や標準偏差など、これらの画素に関する統計が算出される。環状領域は、最初の画像プロブの選択された背景領域を表すとみなされる。

次に第6C図のステップ656で、最初の画像内のプロブ領域に関する統計が最初の画像内の環状領域と比較される、統計によって、Mura欠陥が存在するかどうかが判定される。具体的には、比較ステップで、輝度むら（BNU）を介してMura欠陥が識別され、パーセンテージ差が得られる。平均値は、標準偏差で補足することができる。比較の結果が、ユーザが選択した基準を満たす場合、ステップ657でMura欠陥は返されない。

30

ステップ657で、向き、位置、幅、長さ、BNL、端点座標など、ライン特有の属性を算出するために使用される他のパラメータが算出される。その後ステップ658で、これらのパラメータがデータ・ファイルなどに記憶される。ステップ659で、前に記憶されたデータに基づき、ライン特有の属性を使用して、ラインMura欠陥の特定のタイプおよびその可能な原因を識別することができる。

第6D図は、ステップ600の欠陥分析の好ましい実施形態の流れ図を示す。第6D図には、ステップ661ないし665が含まれる。

本発明の一実施形態では、ラインMura欠陥に関する欠陥分析に、パネル上の欠陥位置661、欠陥角度662、欠陥の長さおよび幅663、ラインMura曲率664、BNL665などの識別が含まれる。

40

パネル上の欠陥位置を検出することによって、ラインMuraがドライバ・ブロック境界に位置しているか、それともパネルの中央に位置しているかが識別される。欠陥の角度を検出することによって、ラインMuraの角度または向きが、0度または90度またはパネルのラビング角度に合致する角度として識別される。可能な欠陥源を識別するために、ラインMuraの幅も検出される。幅の狭いラインMuraはしばしば、位置合わせ層ラビング・ローラ/圧力むらの候補となる。各検出ラインMuraごとにラインの曲率、ラインの長さまたはラインのその他の次元が検出される。曲率の高いラインは、纖維汚染に起因することが多い。検出ラインMuraの他の属性は、上記の「ラインMuraパターン」の節で開示した。

前述のステップの後にステップ670で、画像プロセッサが選択的後処理動作を実行する

50

。選択的後処理動作には、ラインM u r a検出ステップによる画素ライン欠陥の誤った検出をなくするステップと、2つ以上のサブサンプリング速度で同じM u r a欠陥が見つかる重複検出をなくすることが含まれる。もちろん、他の後処理動作を実行することができ、本発明は、前述の後処理動作に限らない。後処理に関する詳細は、下記のスポットM u r aの節に関連して論じる。

スポットM u r a欠陥

第7図は、好ましい実施形態によるスポットM u r aを検出する方法の簡略化された流れ図700を示す。流れ図700にはステップ710から770が含まれる。

簡単に言えば、ラインM u r a欠陥の検出には一般に、画像を得るステップ710、画像をサブサンプリングするステップ720、欠陥特有のフィルタリングを実行するステップ730、画像のしきい値を求めてプロブを作成するステップ740、プロブを分析するステップ750、欠陥を分析するステップ760、選択的後処理を行うステップ770などが含まれる。もちろん、ステップ自体およびステップ・シーケンスは、特定の応用例に応じて変更することができる。

スポットM u r a検出に関する本発明の方法について下記でも簡単に説明する。

I. スポットM u r a検出方法

A. 画像を得る。

1. 本明細書に記載した方法の任意の組合せを使用してフラット・パネル・ディスプレイ(F P D)から最初の画像を得る。

B. サブサンプル画像を生成する。

1. 生画像のサブサンプリングに対する二次元線形補間を実行する。

注意：サンプリング周波数は欠陥の寸法に依存する。スポット型欠陥に関しては、決定要因は多くの場合、スポットの幅である。

C. 欠陥特有のフィルタリングを実行する。

1. 全方向性ラプラシアン畳み込みカーネルを実行する。

注意：カーネル寸法は、欠陥の寸法の関数として調整される。

D. プロブを分析する。

1. (通常、ディスプレイを左右に、次いで上下に走査し、かつ上下左右を組み合わせて走査することによって)最初の2進プロブにラベル付けする。

2. ラベル付けされた最初の2進バルブを処理マスクとして使用することによって、最初の画像内のプロブ領域の統計を算出する。

3. 最初の2進プロブを拡張させる。

4. 拡張した2進バルブと最初の2進バルブのX O Rを実行し、環状領域を画定する。

5. 環状領域を処理マスクとして使用することによって、最初の画像内の環状領域の統計を算出する。

6. 最初の画像内のプロブに関する統計と最初の画像内の環状領域の統計を比較し、M u r a欠陥を判定する。

7. M u r a欠陥が判定された場合、M u r a欠陥の延び、長さ、角度、端点座標など、ライン特有の属性を算出する。

8. データ・ファイルを作成し、ライン特有の属性を記憶する。

9. M u r aデータのライン特有の属性と選択された標準を比較する。

E. 欠陥を分析する。

1. 向き、形状、角度を識別する。

2. 欠陥の幅を識別する。

4. 欠陥に長さを識別する。

5. 欠陥のB N U単位を識別する。

6. 欠陥の色を識別する。

F. 処理

1. 画素の欠陥を除去する。

2. ラインM u r a欠陥を除去する。

10

20

30

40

50

3. 2つ以上の空間サブサンプリング速度で同じ欠陥が見つかる重複検出をなくする。

第7図および前述の概要を参照し、各ステップについて詳しく説明する。

スポットMur a検出方法の第1のステップには、ステップ710の画像獲得ステップが含まれる。このステップは通常、ステップ610に関する説明に従って実行される。

画像が得られた後、画像プロセッサはステップ720で、複数にサブサンプル画像を生成する。このステップは通常、ステップ620に関して説明に従って実行される。最小のスポット寸法は、約5画素ないし約7画素の範囲である。

下記の処理ステップはそれぞれ、個別のサブサンプル画像に別々に作用する。たとえば、ステップ730ないし770は最初の画像に作用し、次いで第1のサブサンプル画像に作用し、次いで第2のサブサンプル画像に作用し、以下同様である。選択的後処理のステップ、すなわちステップ770で、後述のように、作用された各画像のデータが組み合わされる。

一実施形態では、欠陥特有のフィルタリングを実行するステップ、すなわちステップ730は、全方向性ラプラシアン・カーネルを定めることによって開始する。もちろん、応用例に応じて画像をエンハンスする他の畳み込みカーネルを使用することもできる。例示的な畳み込みカーネルを下記に示す。

-1	-1	-1	-1
-1	1	1	-1
-1	1	1	-1
-1	-1	-1	-1

当業者には良く知られているように、画像の周波数フィルタリングは、画像を畳み込みカーネルで畳み込むことによって時間ドメインで行うこと、あるいは別法として、画像のフーリエ変換にフィルタの画像を乗じることによって周波数ドメインで行うこともできる。好ましい実施形態では、時間ドメインでの畳み込みが好ましい。

次に、ラインMur a欠陥に関して説明したプロセスと同様に、ステップ740で、画像がしきい値を通過し、しきい値画像が形成される。ステップ750で、しきい値画像からプロブが識別され特徴付けられる。次いでMur a欠陥が、ステップ760でプロブに応答して判定され、ステップ750で識別される。このステップはおそらく、ラインMur a欠陥ケースで説明したのと同様に行なうことが好ましい。

この方法は次いで、後処理ステップ770を含む。後処理の一態様は、個別の画素欠陥およびライン欠陥をエリアMur a欠陥から分離することである。このステップによって、ユーザは、Mur a欠陥に焦点を当て、他のタイプの欠陥を無視することができる。画素およびラインは、低域フィルタリングなど、当技術分野で知られている技法を介して除去することができる。

後処理

後処理は、上記のラインMur a検出の節とのスポットMur a検出の節で開示したように、Mur a欠陥を検出するユーザの能力を高める。

第9図は、後処理方法の一実施形態の流れ図を示す。第9図にはステップ790ないし820が含まれる。

最初にステップ850で、各サブサンプル画像で、本明細書で「ポテンシャル」Mur a欠陥（または「異常な」画素値を有する画素）として説明しているものの位置が判定される。このステップは通常、第6図および第7図で説明した方法によって実行される。

次に、ステップ860で、各しきい値をサブサンプル画像がフィルタされ、画素欠陥が除去される。好ましい実施形態では、フィルタは低域フィルタである。別法として、各しきい値サブサンプル画像を侵食フィルタを通過させることができる。ステップ860の効果

10

20

30

40

50

は、個別の画素欠陥を M u r a 欠陥とみなさないようにすることである。

次に、各サブサンプル画像から残った「ポテンシャル」M u r a 欠陥に基づいて、サブサンプル画像間の「ポテンシャル」M u r a 欠陥どうしが重なり合っているかどうか、あるいはサブサンプル画像間の「ピーク」がある距離内にあるかどうかが判定される。これは、各しきい値サブサンプル画像間で論理 AND 演算を実行し、あるいは「ピーク」の位置を求ることによって行うことができる。

次に、ステップ 890 で、ピーク間の重なり合いまたは近さに基づいて、それぞれの異なるサブサンプル画像で見つかった M u r a 欠陥が、同じ M u r a 欠陥として属性付けられ、あるいは統合される。

第10図は、画面上の後処理の実施形態の例を示す。第10図は、画像 900 と、画像 910 と、画像 920 とを含む。画像 900 は M u r a 欠陥 930 を含み、画像 910 は M u r a 欠陥 940 を含み、画像 920 は M u r a 欠陥 950 を含む。第10図は、フィルタ済み画像 960 と、フィルタ済み画像 970 と、フィルタ済み画像 980 と、断面 990 と、断面 1000 と、断面 1010 も含む。断面 990 は、ポテンシャル欠陥 1020 と、ポテンシャル欠陥 1030 を含み、断面 1000 は、ポテンシャル欠陥 1040 と、ポテンシャル欠陥 1050 を含み、断面 1010 は、ポテンシャル欠陥 1060 を含む。10

第10図の例では、画像 900 は、基板の得られた画像を示す。画像 910 および 920 は、上記で開示したサブサンプリング技法または周知の技法を使用して画像 900 から形成され、かつ画像 900 からサンプリングされた画像を表す。画像 900 内の M u r a 欠陥 930 は、画像 910 では M u r a 欠陥 940 として現れ、サブサンプリングされ、画像 920 では M u r a 欠陥 950 として現れ、サブサンプリングされる。20

上記で説明した好ましい実施形態によれば、各画像 900 ないし 920 は、エッジ検出技法を使用してフィルタされる。第10図で、フィルタ済み画像 960 ないし 980 は、画像 900 ないし 920 内のオブジェクトのエッジに対応する。

第10図で、断面 990 ないし 1010 は、強度値対フィルタ済み画像 960 ないし 980 のそれぞれの位置の断面に対応する。各断面 990 ないし 1010 は同じ寸法にスケーリングされている。図のように、断面 990 には 2 つのポテンシャル欠陥 1020 および 1030 が示されている。ポテンシャル欠陥 1020 および 1030 は M u r a 欠陥 870 のエッジに対応する。断面 1000 に、M u r a 欠陥 940 のエッジに対応する 2 つのポテンシャル欠陥 1040 および 1050 が示されている。断面 1010 に、M u r a 欠陥 950 に対応するポテンシャル欠陥 1060 が示されている。画像 900 をサブサンプリングすることによって画像 920 が形成されるので、M u r a 欠陥 950 は、フィルタ済み画像 980 中に 1 つのポテンシャル欠陥 950 のみとして現れる。30

さらに、前述の M u r a 検出方法で説明したプロセスに進む。画像 1070 ないし 1110 0 は、検出されたプロップであり、画像 1110 ないし 1130 は、対応する環状領域である。本発明の好ましい実施形態は、ポテンシャル欠陥 102 ないし 106 を相互参照し、画像間の重なり合うポテンシャル欠陥を探す。たとえば、ポテンシャル欠陥 1020 とポテンシャル欠陥 1040 が重なり合い、ポテンシャル欠陥 1030 とポテンシャル欠陥 1050 が重なり合うことが分かる。他のポテンシャル欠陥 1060 とポテンシャル欠陥 1050 が重なり合い、ポテンシャル欠陥 1050 とポテンシャル欠陥 1030 が重なり合う。M u r a 欠陥の寸法が連続サブサンプリングと共に減少するので、最初の画像に存在する M u r a 欠陥は、各連続サブサンプルにおいてより小さく見える。したがって、連続サブサンプル画像間でポテンシャル欠陥が重なり合っているのは、ポテンシャル各 M u r a 欠陥が同じ M u r a 欠陥上にマップされることを示す。したがって、この例では、ポテンシャル欠陥 1020 ないし 1060 がすべて、得られる画像において同じ M u r a 欠陥 930 を報告することが認識されよう。40

上記の例では、画像の行に沿って重なり合いが示される。別法として、画像の列に沿った重なり合い、または任意の方向の重なり合い（全方向性）が分析される。

サブサンプリングとサブサンプル画像間の相互参照によって、ユーザはライン型欠陥どう50

しを接続することができる。第10図は、画像900内にMura欠陥1070とMura欠陥1080とを含み、Mura欠陥910内にMura欠陥1090を含む。Mura欠陥1070および1080は、1つのラインMura欠陥の一部である。画像910に図示したように、画像900のサブサンプリングの結果として、ただ一つの欠陥、Mura欠陥1090だけが現れる。画像910と900の相互参照によって、ユーザはMura欠陥1070と1080が同じラインMura欠陥の一部であると判定する。一実施形態では、ユーザは、1080などのMura欠陥を外挿し、ラインMura欠陥の各部間の不連続性を検出する。この場合、Mura欠陥1070が見つかり、Mura欠陥1070とMura欠陥1080が1つの欠陥として合体される。

本発明の代替実施形態では、画像をサブサンプリングし、次いでサブサンプル画像をフィルタすることの代替策として、それぞれの異なる周波数カットオフ・フィルタを使用して最初の画像がフィルタされ、フィルタ済み画像が形成される。特定の実施形態では、畳み込みにより大きなカーネル寸法を使用して、より低い周波数カットオフが行われる。ユーザは、どの平面に欠陥が現れ消えるかについての記録を維持することによって、Mura欠陥の寸法ならびにMura欠陥の輝度むらの大きさを求めることができる。

ライン欠陥の場合、ライン欠陥が最初に消えるサブサンプル画像は、周波数カットオフのためにラインの幅を示すことができる。したがって、ユーザは、最初の画像をサブサンプルすることによって、たとえば細いライン欠陥（数画素）から太いライン欠陥まで周波数特有の欠陥を判定し探すこともできる。

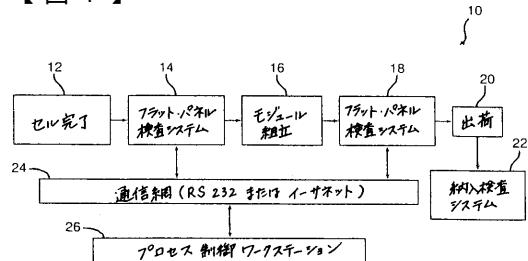
結論

上記の明細書では、特定の例示的な実施形態を参照しながら本発明について説明した。多数の変更または修正が容易に構想される。たとえば、周波数ドメイン内の画像をフィルタし、Sobel演算子など、いくつかの異なる畳み込み技法を使用し、 7×7 カーネルなど、いくつかの異なる畳み込みカーネルおよび寸法を使用し、標準偏差の5倍など、いくつかの異なるしきい値レベルを使用する。

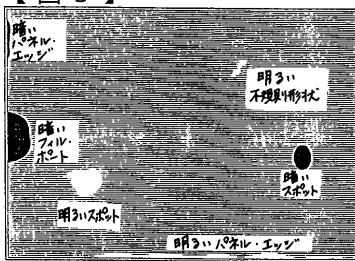
現在請求している発明は、基板の光学検査を必要とする他の技術領域、たとえば（非排他的な）陰極管、半導体ウェハ、ウェブ検査システム、医療撮影システムなどにも適用することができる。

したがって、明細書および図面は、制限的な意味ではなく例示的な意味で考察すべきである。しかし、請求の範囲に記載された本発明の広範囲な趣旨および範囲から逸脱せずに本発明に様々な修正および変更を加えられることは明白であろう。

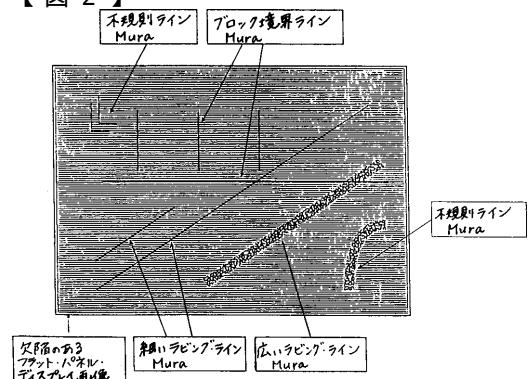
【図1】



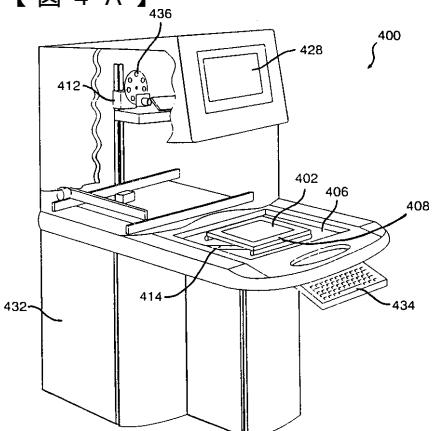
【図3】



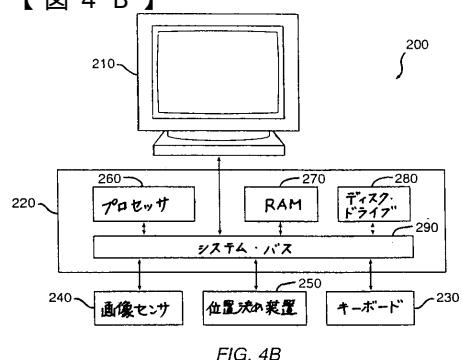
【図2】



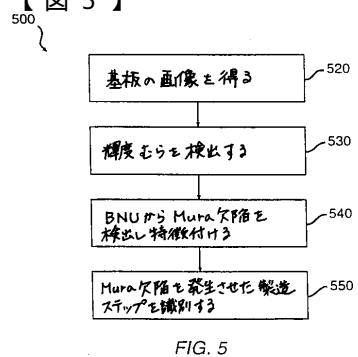
【図4 A】



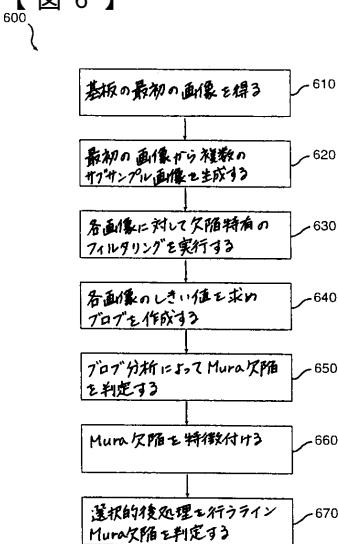
【図4 B】



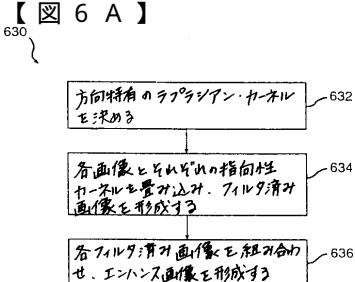
【図5】



【図6】



【図6 A】



【図 6 B】

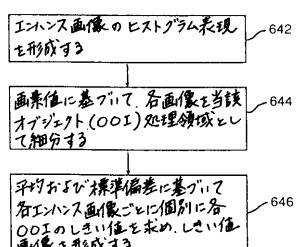


FIG. 6B

【図 6 C】

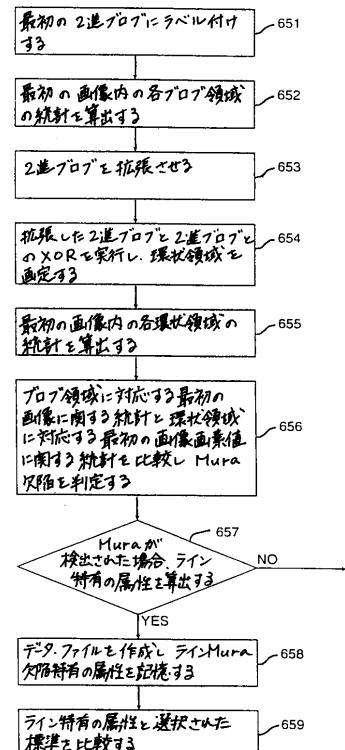


FIG. 6C

【図 6 D】

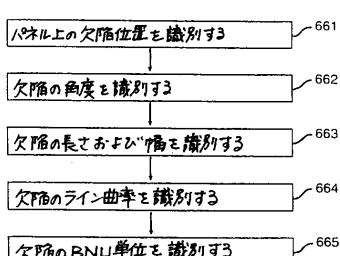


FIG. 6D

【図 7】

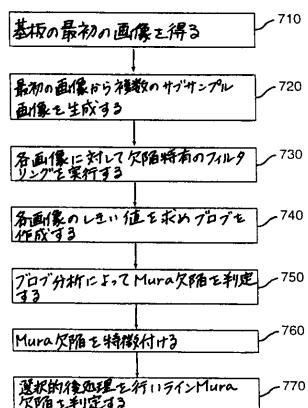


FIG. 7

【図 8 A】

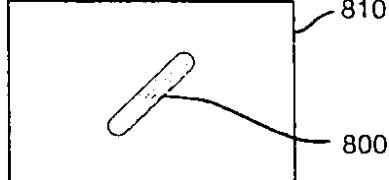


FIG. 8A

【図 8 B】

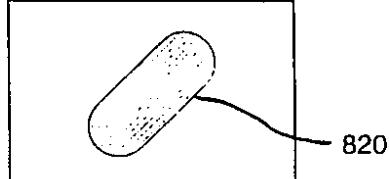


FIG. 8B

【図 8 C】

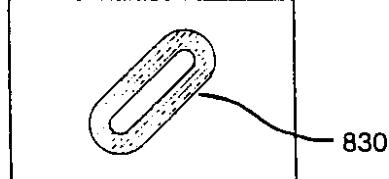


FIG. 8C

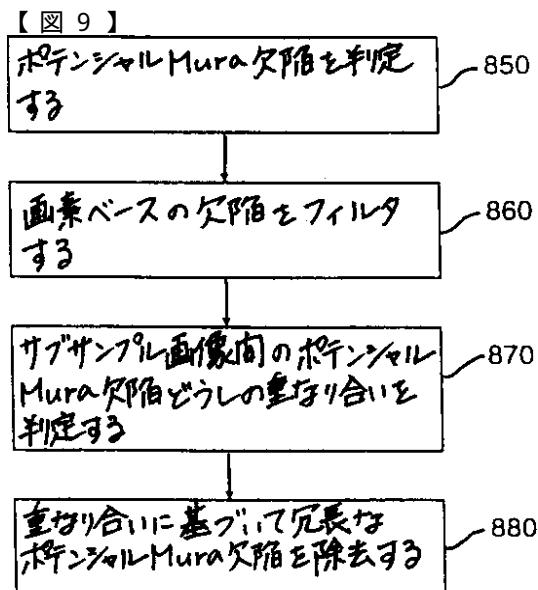


FIG. 9

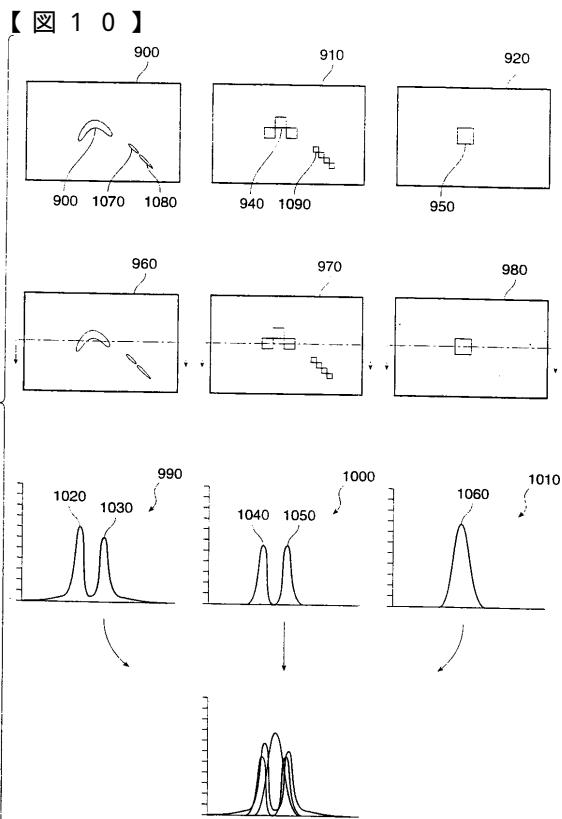


FIG. 10

フロントページの続き

(74)代理人

弁理士 鈴木 二郎

(74)代理人

弁理士 山川 茂樹

(72)発明者 ホーソーン, ジェフリー

アメリカ合衆国・94131・カリフォルニア州・サンフランシスコ・ディー304・オラ ウェイ・75

(72)発明者 セツツァー, ジョゼフ

アメリカ合衆国・94566・カリフォルニア州・プレザントン・アビイ ストリート・460

審査官 右田 昌士

(56)参考文献 特開平06-011455(JP, A)

特開平06-118024(JP, A)

特開昭62-245484(JP, A)

特開平04-208834(JP, A)

米国特許第05204911(US, A)

米国特許第05544256(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/13

G02F 1/1343

G01R 31/00

G06F 15/00