

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3892906号
(P3892906)

(45) 発行日 平成19年3月14日(2007.3.14)

(24) 登録日 平成18年12月15日(2006.12.15)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 N 21/958	(2006.01)	GO 1 N 21/958	
GO 1 M 11/00	(2006.01)	GO 1 M 11/00	T
GO 1 B 11/00	(2006.01)	GO 1 B 11/00	H

請求項の数 3 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平9-514441</p> <p>(86) (22) 出願日 平成8年10月4日(1996.10.4)</p> <p>(65) 公表番号 特表2001-519890(P2001-519890A)</p> <p>(43) 公表日 平成13年10月23日(2001.10.23)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US1996/015907</p> <p>(87) 国際公開番号 W01997/013140</p> <p>(87) 国際公開日 平成9年4月10日(1997.4.10)</p> <p>審査請求日 平成15年8月14日(2003.8.14)</p> <p>(31) 優先権主張番号 60/005,058</p> <p>(32) 優先日 平成7年10月6日(1995.10.6)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国(US)</p> <p>(31) 優先権主張番号 08/721,332</p> <p>(32) 優先日 平成8年9月26日(1996.9.26)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国(US)</p>	<p>(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・95119・カリフォルニア州・サンホゼ・サンイグナシオ アヴェニュー・6325</p> <p>(74) 代理人 弁理士 山川 政樹</p> <p>(74) 代理人 弁理士 黒川 弘朗</p> <p>(74) 代理人 弁理士 紺野 正幸</p> <p>(74) 代理人 弁理士 西山 修</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透明な構造における三次元の欠陥位置を検出するための技術

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

透明な平面状媒質の第1の表面、第2の表面、及び媒質中の欠陥を光学像エリア欠陥監視ツールにより検出する方法において、
 平面状媒質と実質的に直交する検査軸に対してある角度で平面状媒質を照明して、外面光学異常及び内部光学異常を強調表示する照明ステップと、
 平面状媒質の中心から離れた第1の垂直方向位置にある異常の第1の画像を平面状媒質の第1の側にある第1の焦点外れ位置で取り込み、その第1の画像を2次元位置における第1の事象として認識する取り込みステップと、
 平面状媒質の中心から離れた第2の垂直方向位置にある異常の第2の画像を平面上媒質に対して第1の側と反対側である第2側にある第2の焦点外れ位置で取り込み、第2の画像を2次元位置における第2の事象として認識する取り込みステップと、
 第1と第2の画像を処理して、それぞれ対応する第1の信号レベル及び第2の信号レベルを生成し、第1の信号レベルと第2の信号レベルとの差が上記検査軸沿いの異常のz軸方向位置を表す処理ステップと、
 を具備した方法。

10

【請求項2】

透明な平面状媒質の第1の表面、第2の表面、及び媒質中の欠陥を光学像エリア欠陥監視ツールにより検出するための装置において、
 平面状媒質と実質的に直交する検査軸に対してある角度で平面状媒質を照明して、外面光

20

学異常及び内部光学異常を強調表示する光源と、
互いに接続されたCCDカメラ及び画像処理プロセッサで、平面状媒質の中心から離れた第1の垂直方向位置にある異常の第1の画像を平面状媒質の第1の側にある第1の焦点外れ位置で取り込み、第1の画像を2次元位置における第1の事象として認識すると共に、平面状媒質に対して第1の側と反対側である第2側にある第2の焦点外れ位置で、平面状媒質の中心から離れた第2の垂直方向位置にある異常の第2の画像を取り込み、第2の画像を2次元位置における第2の事象として認識するCCDカメラ及び画像処理プロセッサと、
を具備し、

上記画像処理プロセッサが、第1及び第2の画像を処理して、それぞれ対応する第1の信号レベル及び第2の信号レベルを生成し、第1の信号レベルと第2の信号レベルとの差が上記検査軸沿いの上記異常のz軸方向位置を表すことを特徴とする装置。

【請求項3】

フラットパネルディスプレイの製造方法において、
フラットパネルディスプレイ用として使用されるガラスプレートをそのガラスプレートと実質的に直交する検査軸に対してある角度で照明して、外面光学異常及び内部光学異常を強調表示するステップと、

上記ガラスプレートの第1の側にある第1の焦点外れ位置で、ガラスプレートの中心から離れた第1の垂直方向位置にある異常の第1の画像を取り込み、その第1の画像を2次元位置における第1の事象として認識するステップと、

第1の側と反対のガラスプレートの第2側にある第2の焦点外れ位置で、ガラスプレートの中心から離れた第2の垂直方向位置にある異常の第2の画像を取り込み、第2の画像を2次元位置における第2の事象として認識するステップと

第1及び第2の画像を処理して、それぞれ対応する第1の信号レベル及び第2の信号レベルを生成し、第1の信号レベルと第2の信号レベルとの差が検査軸沿いの異常のz軸方向位置を表す処理ステップと、
を具備した方法。

【発明の詳細な説明】

本発明は、たとえば大型フラットパネルディスプレイ構造で使用するのことができる構造の検査のための欠陥監視ツール及びこれに関連した方法に関するものである。より詳しくは、本発明は、フラットパネルディスプレイ用のガラスプレートの検査に関連した実施形態の形で例示説明する。しかしながら、本発明はほとんど全ての形態の透明媒質の製造に適用することができるということは認められるところであろう。

液晶表示装置(LCD)等のようなフラットパネルディスプレイの需要は急速に伸び続けている。たとえば、ポケットTV、ノート型パソコン、エンジニアリングワークステーション、高品位テレビ(HDTV)等のような消費者品目では、このようなディスプレイが用いられる。このディスプレイに対する持続的需要に基づいて、業界では最新の製造ラインを新設するために多大な資本投下を行っている。

しかしながら、これらの最新の製造ラインは、依然として上記のようなフラットパネルディスプレイの最終試験及び検査を人間のテストオペレータに頼っている。テストオペレータは、欠陥の有無について各ディスプレイを目視検査してディスプレイの合否を決定する。検査の質及び検査が完璧かどうかは、欠陥を有し、合格か不合格として特徴付けられたディスプレイの限定されたサンプルを用いて訓練されたテストオペレータによって左右される。検査結果は非常に主観的で誤りが生じやすく、種々の製造プロセスを監視、制御し、またそれらのプロセスの質を改善するのに効果的かつ効率的に用いることはできない。フラットパネルディスプレイ製造の効果的なプロセス監視と制御は、自動検査機械による定量的検査方法によって可能になった。最初の先駆的な自動検査機械の一つの例としては、1992年に本願の譲受人であるフォトン・ダイナミクス(Photon Dynamics, Inc.) (PDI)社によって開発されたものがある。この最初の自動検査機械は、フラットパネルディスプレイの高品位検査を人間のテストオペレータではなく機械を用いて行うことがで

10

20

30

40

50

きたという点で、先駆的なものである。この高品位検査は、完成された薄膜トランジスタ素子が作り込まれたフラットパネルディスプレイについて実施された。

業界では、現在これらのフラットパネルディスプレイの製造に使用されるガラスプレート中の欠陥を検出するための効果的な技術が要望されている。ガラスプレートは、一般に前面と裏面を有する。薄膜トランジスタは前面に作り込まれるので、前面は実質的に無欠陥あるいは無異常でなければならない。しかしながら、プレートの裏面上及びバルク媒質中には、比較的多くの欠陥があってもよい。従って、バルク媒質及び/または裏面の欠陥しか持たないガラスプレートと前面に何らかの欠陥があるプレートとを分けなければならない。

人間のテストオペレータは、ガラスプレートの検査時にこれらの前面における欠陥の有無について検査することがしばしばある。テストオペレータは、各ガラスプレートの欠陥について目視検査を行い、その欠陥の如何によってガラスプレートの合否を決定する。検査の質及び検査が完璧かどうかは、欠陥を有し、合格か不合格として特徴付けられたディスプレイの限定されたサンプルを用いて訓練されたテストオペレータによって左右される。検査結果は非常に主観的で誤りが生じやすく、ガラスプレートに用いられる種々の製造プロセスを監視し、制御し、またそれらのプロセスの質を改善するのに効果的かつ効率的に用いることはできない。

上記に鑑みて、ガラスプレートの欠陥を検出するための簡単で費用効果が高く、かつ信頼性に優れた技術に対する要望がしばしばあるということは理解できよう。

発明の概要

本発明によれば、透明媒質中の異常を検出するための方法及び装置を含む技術が得られる。この技術は、2種類の照明、すなわち外部照明と内部照明を有する広範囲欠陥監視ツールを用いて、たとえばガラス基板等の透明媒質中の異常及びそれらの異常の相対位置を強調表示するものである。

本発明の一実施態様においては、起こりやすい数種類の欠陥、すなわち表面上の粒子付着、表面のかき傷、及びバルク材料中の欠陥のような異常を検出するための方法が得られる。この検査方法では、欠陥監視ツールが検査軸にそって欠陥の種類と位置を識別することができるよう十分な差をもって異常を強調表示する2種類の照明を使用する。それらの照明方法は、プレートを「光パイプ」として用いる直接内部照明、及び外部前面照明である。直接内部照明においては、線光源として配列されたフレア状端部を有する光ファイバフィールドがプレートのエッジに接続されている。外部照明では、光源は鋭角、好ましくはかすめ入射角でプレートの1つの表面に当たるよう指向される。照明された表面上の塵埃粒子のような異常は、表面上のそれらの粒子は内部照明による弱いエバネッセント波結合のみによって他とは異なる仕方で光を散乱させるので、直接内部照明によるよりもはるかに効率的に外部前面照明によって光を散乱させる。

本発明の別の実施態様においては、焦点位置を検査ターゲットであるプレートの面の上下に交互に置いて行わずに2回の測定で検査軸沿いの異常の位置を測定することができる。検査軸沿いの異なる仕方で照明された、あるいは異なる距離で照明されたこれらの位置からの信号レベルの差を用いて、検査軸沿いの異常の種類と位置が求められる。

また、本発明によれば、光学像エリア欠陥監視ツールによって第1の表面上、第2の表面上、及び透明な平面状媒質中の欠陥の位置を検出するための装置が得られる。この装置は、検査軸に対してある角度で平面状媒質を照明することによって外部及び内部の光学異常を強調表示するための光源を有する。検査軸は平面状媒質に対して実質的に直交する。CCD(電荷結合素子)カメラは、互いに動作する関係に画像処理プロセッサと接続されている。このCCDカメラ及び画像処理プロセッサは、平面状媒質の中心から離れている第1の垂直方向位置にある異常の第1の画像を平面状媒質の第1の側の第1の焦点外れ位置で取り込み、その第1の画像をたとえばx-y、r-等の2次元位置における第1の事象として認識する。また、CCDカメラ及び画像処理プロセッサは、平面状媒質の中心から離れた第2の垂直方向位置の同じ異常の第2の画像を平面状媒質に対して第1の側と反対側である第2の側の第2の焦点外れ位置で取り込み、その第2の画像を2次元位置にお

10

20

30

40

50

ける第2の事象として認識する。画像処理プロセッサは、第1及び第2の画像をさらに処理して、それぞれ対応する第1の信号レベル及び第2の信号レベルを発生する。これらの第1の信号レベルと第2の信号レベルとの差が検査軸沿いの異常のz軸方向位置を表す。本発明のさらに他の実施態様によれば、ガラスプレートに内部及び外部照明を供給するための手段が得られる。この場合のガラスプレートに起こりうる異常としては、溝状傷、亀裂、付着粒子、気孔等がある。プレートは、前面、裏面及びこれらの間にある媒質を有する透明媒質である。この媒質は1より大きい屈折率を有する。また、プレートは、前面、媒質、裏面の境界に沿って形成されるエッジを有する。エッジに光カップリング(たとえば光ファイバフレア等)が取り付けられる。光カップリングはエッジに光を供給する。この光はエッジから媒質に進入し、媒質を通過して進行する。光の一部はプレートの前面及び裏面で内面反射するが、他の一部は、媒質中に異常があると、その異常から散乱する。この散乱光が、前面を通過して放出され、CCDカメラによって検出される。さらに、本発明の装置は、前面に第2の光を投じる外部照明手段を有する。この第2の光は、媒質の前面に異常があると、その異常から散乱する。

10

【図面の簡単な説明】

図1は、本発明による装置の該略図である。

図2は、図1の装置用のCCDカメラの配列を示す概略図である。

図3は、図1の光カップリングを示す概略側面図である。

図4は、図3の光カップリングを示す概略断面図である。

図5は、本発明による方法を図解した概略フローチャートである。

20

図6は、本発明による方法のもう一つの実施形態を図解した概略フローチャートである。

図7は、本発明によるプレート及びその焦点外れ位置を示す側面図である。

図8は、本発明によるプレートのz軸方向における異常の輝度測定値をプロットしたグラフである。

図9は、プレート位置に対する差の光強度の簡略化した図である。

図10は、本発明によるフィルター方法を図解した一連の説明図である。

実施形態の説明

図1は、たとえば広範囲欠陥監視ツールのような本発明の検査装置100を示す。図示の検査装置100は、もっぱら例示説明のためのものであり、特許請求の範囲の記載に基づく本発明の範囲を限定するものではない。図示の検査装置100はガラスプレートのような透明プレート102を有する。このプレートはスライドテーブル101上で位置決めされ、プレートを正しい位置に固定するよう引き下ろされる蝶番式フレーム103が設けられている。スライドテーブル101は、複数のCCD型カメラのような複数のカメラ105の下方にあるx-y平面内でプレートを容易に位置決めすることができるようになっている。このスライドテーブルによってプレートをカメラに対して相対的にx-y方向に変位させることができる。あるいは、カメラをx-yステージに搭載して、カメラをプレートに対して相対的に動かすようにする。もしくは、複数のカメラを使用して、観測角を大きくすることもできる。

30

x-yステージは、プレートをx軸方向及び/またはy軸方向に動かすことができる適切なものであれば、任意のベースユニットを用いることができる。また、ステージは、x軸方向及び/またはy軸方向の連続移動が可能なものであってもよい。好ましくは、x-yステージは、x軸方向及びy軸方向に選択された単位で増分による移動が可能とする。あるいは、ロボットを用いてプレートをx-y方向に移動させるようにしてもよい。

40

z軸方向の動作は連続移動モードで行われるか、アクチュエータを用いて選択されたz軸位置で行われる。アクチュエータは2段または多段アクチュエータの形のものであってもよい。z軸方向の動作はステップモードで行うことも可能である。x軸、y軸、及びz軸方向の正確な増分単位が各特定の用途によることはもちろんである。他のいくつかの実施形態においては、ステージはz軸方向に移動するが、検査時にはx-y方向には調整されない。さらに他のいくつかの実施形態では、カメラはプレートに対して相対的にz軸方向に調整可能である。

50

CCDカメラは、通常の高解像度CCD型カメラから選択することができる。このようなCCDカメラの一例としては、コダック(kodak)社製のKAF1600のようなメガピクセルCCDアレイを用いることができる。一実施形態においては、いくつかのCCDカメラを同様のCCDカメラのアレイ構造にまとめるか、連結して使用する。このようにいくつかのCCDカメラをまとめた形で使用すると、より少ない数のプレート前面のスナップ写真を用いてより大きい表面積の検査が可能になる。図2に示すように、同様のCCDカメラを他の同様のCCDカメラと一つにまとめることによって、同様のCCDカメラのアレイ構造(たとえば4カメラアレイ)を形成することができる。一実施形態においては、各CCDカメラは1Kピクセル×1Kピクセルアレイを用いて100mm×100mmのプレート表面領域201の像を撮影する。これらの4つのCCDカメラは、全体で表面ガラスの200mm×200mmの表面領域203の画像を取り込むことができる。このような4つの同様のCCDカメラのグループを4グループひとまとめにして、16個の同様のCCDカメラからなるアレイ構造を形成することができる。このような16個のCCDカメラをさらにアレイ構造にまとめることによって、64個の同様のCCDカメラのアレイを形成することができる。好ましくは、これらのカメラ105は検査装置の上部ボディ107に収納する。図1には、モニタ109、画像処理プロセッサ110、コンピュータ111、キーボード113も示してある。

10

画像処理プロセッサ110は、従来 of 種々の高性能プロセッサから選択することができる。このようなプロセッサの例としては、データキューブ(DATACUBE)社製のMV200がある。このプロセッサは、とりわけ、記憶容量が大きく、フレキシブルなアレイ処理ができるという特徴がある。好ましくは、画像処理プロセッサは、複数のCCDカメラ等のために複数の入出力ポートを備えている。もちろん、使用するプロセッサの種類は用途によって決まる。

20

本発明の装置は、プレート102に内部エッジ照明を供給する光源114を有する。光カップリング(またはコネクタ)115は、プレートのエッジに結合または取り付けられていて、光源114からプレート102のエッジに光を供給する。図3は、図1のプレート及び光カップリング115の概略側面図である。この側面図は、単に例示説明のためのものであり、本願特許請求の範囲に基づく本発明の範囲を限定するものではない。光源114は光ビームをコネクタ115中に放出する。光は、拡散光、あるいは平行光線等である。このような光源の一例としては、石英タングステン・ハロゲン(QTH)またはキセノン

30

があるが、これら以外も使用可能である。この光源はシリコンCCDの感度と適合性のある可視域からIR域までの波長範囲(450~500nm)を有する光を供給する。好ましくは、波長は約600nm以下とする。もちろん、光源の種類は用途によって決まる。プレート102は、前面121、外側エッジ123、及びその他の構造部分を有する。プレートはガラスプレート等のような透明プレートである。この透明プレートは、多くの場合、実質的に平面の前面121を有するが、他の形状を有することもあり得る。このようなガラスプレートの一例としては、コーニング(Corning, Inc.)社によってコーニング(Corning)7059ガラスの商品名の下に製造されているものがある。このガラスは、しばしばフラットパネルディスプレイ等の製造に使用される。このガラスプレートは約1.5の屈折率及び1.1mm乃至0.7mmの厚さを有する。もちろん、ガラスプレートは、屈折率が周囲に対して1より大きい比較的透明な任意の構造または媒質を用いることができる。

40

図4は、図3のプレート102及び光カップリングのより詳細な断面図である。この断面図は、もっぱら例示説明のためのものであり、本願特許請求の範囲に記載する本発明の範囲を限定するものではない。この概略断面図には、プレート102及び光カップリング115が図示されている。このカップリングの一例としては、光ファイバの利用技術で用いられるような光フレアがある。このカップリングをプレート的一端部にしっかり係合することによって、この光源からの光は、実質的に反射することなくプレートのエッジ123を通過してプレートの内部へ進入する。本発明の一実施形態においては、カップリングからの光はプレートのエッジ123を通過して進入して、プレートの前面121と裏面125と

50

の間にあるバルク媒質 1 2 7 中を進行する。前面 1 2 1 及び裏面 1 2 5 は、プレートのエッジに進入する光のための「光パイプ」として機能する。光パイプのように、光の相当部分は前面及び裏面の内側で反射し、バルク媒質中を進行する。一実施形態においては、光はほとんど全部が最初の反射後内面で内面反射する。好ましくは、この最初の反射は排除領域 1 3 3 で起こるようにする。特に、光の一部は、プレートの排除領域 1 3 3 にまで広がっているカップリング壁 1 3 1 で反射することが望ましい。

カップリング壁は、ステンレス鋼、被覆鋼またはアルミニウム、上質の合金等で形成された安定な基準（またはボール）材上に吸光性材料で形成することができる。これらの材料は、プレートにしっかり取り付けするのに十分な構造強度を有するものであり、また吸光性によって光カップリングからバルク媒質の外へ出る光を吸収することができる。全内面反射によって反射した光は媒質中を x - y 方向に進行する。反射光は、x - y 方向に進行する際、前面及び裏面で内面反射するということは理解できよう。

しかしながら、プレート媒質中に全内面反射を妨げるような異常または事象があると、光は前面または裏面を通して散乱させられる。この散乱は、裏面 1 2 5、バルク媒質 1 2 7、及び前面 1 2 1 の異常 1 3 5、1 3 7、及び 1 3 9 からそれぞれ矢印で示してある。好ましくは、光の相当部分が、CCDカメラの1つで検出されるように前面を通して散乱するようにする。このCCDカメラは、光の強度値が通常のバックグラウンドの強度に対して増加したことを読み取ることによって事象または異常があることを検出する。しかしながら、プレート表面 1 2 1 上の事象 1 4 3 は、内面反射光からの散乱はほとんど生じさせない。従って、バルクガラス媒質中の異常を前面上の異常に対して選択的に検出することができる。好ましくは、このエッジ照明技術を用いて約 0.1 ~ 1 mm より小さい異常が CCD カメラの 1 つによって検出されるようにする。

一実施形態においては、本発明の装置は、図 1 に示すように、プレートの前面を照明するための外部光源 1 1 7 も具備する。この外部光源は、前面に入射する平行光線ビームを発生する。一実施形態の場合、平行光線ビームは、前面法線に対して約 70°乃至約 80°の範囲の角度で前面に入射することができる。好ましくは、平行光線ビームは、前面法線に対して 90°の角度で前面に入射する。この実施形態では、照明光源が暗視野照明光源となる浅い角度とし、正反射光が CCD カメラに全く取り込まれない。ほとんど全ての実施形態においては、この角度は前面法線に対して鋭角をなし、また、この角度が前面上の異常 1 1 8 から散乱を生じさせるのに十分なかすめ入射角をなす場合もときどきある。この例では、異常は粒子である。もちろん、具体的な入射角は個々の用途によって決まる。光源は、石英タングステン・ハロゲン・キセノンあるいは水銀アーク灯のような前面を照明するために適切なものであれば、どのような照明手段であってもよい。たとえば、水銀光源は、約 253.7 nm の波長を持つ光を発生することができる。光源は、任意にレンズを取り付けたものであってもよい。このレンズは、光源及びその照明光をプレートの前面に合焦させるのに用いることができる。他の実施形態においては、光源は複数の光源からなるものでもよい。これらの複数の光源は、プレートの前面に対して異なる入射角で配置し、前面上の異常からの散乱量を大きくするように調節することができる。また、光源と共にフィルタを用いることによって、異常からの散乱量を大きくすることもできる。もちろん、具体的に使用する光源は用途によって決まる。

この外部照明は、異常から散乱を生じさせるよう前面の表面に対して選択的に投じられる。詳しく言うと、前面に入射した照明光は、その入射角に基づいてこの前面で反射する。しかしながら、前面上に異常があると、それによって入射照明光が散乱する。図 1 に矢印で示すような散乱光は、周囲環境、通常は空気を通して進行する。いずれかの CCD カメラが、その散乱光を通常のバックグラウンドの光強度より高い光強度の形で検出する。このように光強度が増大していることが、異常、たとえば粒子、細片、かき傷、溝状傷、気孔等の存在を示す。

一実施形態においては、前面照明は、エバネッセント波結合、より詳しく言うと、欠陥近傍の電界歪みのために、単独で用いて前面上の異常を照明することができる。前面照明だけを使用することによって、バルクガラス媒質または裏面の異常に対して前面上の異常を

10

20

30

40

50

選択的に検出することができる。本発明によって最小寸法が約0.1～1mm以下の異常を検出することができる。たとえば、フラットパネルディスプレイに使用されるガラスプレートの検査では、前面上のこのような異常の存在を認識することが重要である。

本発明の別の実施形態においては、外部照明と内部エッジ照明を共に使用する。これらの実施形態は、たとえば裏面、前面及びバルク媒質等、プレート全体を通じて異常を強調表示する。強調表示された異常はCCDカメラによって検出される。もちろん、用途に応じて他の形態の照明を用いることもできる。

本発明による方法は、本発明の照明技術を用いて異常または欠陥を認識するための構成を有する。本発明の方法は、簡単に下記のように要約することができる。

- (1) プレートホルダーにプレートを取り付ける。
- (2) 前面照明またはエッジ照明あるいはこれらの両方を同時に用いる照明技術によってプレートを照明する。
- (3) CCDカメラを用いてプレートを観測し、異常の画像を取り込む。
- (4) 異常の画像をスレッシュホールド処理して、事象を探索する。
- (5) 座標系（たとえばx-y、r- を用いてそれらの事象を記憶する。
- (6) 各事象について図心を決定する。
- (7) 事象を類別する。

この方法の詳細を図5を参照して説明する。しかしながら、ここで説明する方法は本発明の一例にしか過ぎず、本願特許請求の範囲の記載に基づく本発明の範囲を限定する意味で解釈すべきではない。当業者であれば、本願特許請求の範囲に記載する発明を実施するための他の技術を想到することができよう。

全体として符号500で示す図示の方法は、一般に、プレートホルダーにプレートを取り付けるステップ（ステップ501）を含む。このプレートはホルダー上にしっかり載置される。このプレートは、クランプを用いて動かないようにステージに固定する。このようにプレートを動かないようしっかり固定して載置すると、以後の測定ステップで正確な光強度測定を行うのに役立つ。

次に、本発明の方法はプレートを照明するステップ500に進む。このプレートは、本発明の照明技術を用いて照明される。好ましくは、プレートの前面に入射する外部照明と、プレートの側面から供給される内部照明を用いることができる。このステップは、外面及び内部の光学異常を強調表示する。これらの光学異常には、かき傷、細片、付着粒子、溝状傷、気孔等がある。

プレートの画像はCCDカメラによって取り込まれる（ステップ505）。CCDアレイがプレート全体をカバーできない場合は、x-yステージを用いてもよい。しかしながら、十分な数のカメラを用いる場合は、x-yステージは不要である。これらのCCDカメラは、異常の画像を取り込む。それらの画像は、画像処理プロセッサへ転送され、画像処理プロセッサは画像をコンピュータメモリに記憶される画像に変換する。これらの画像の取り込み及び記憶には従来の画像処理技術を用いることができる。もちろん、これに用いる技術は用途によって決まる。

画像は、次に、スレッシュホールド処理される（ステップ507）。コンピュータに接続された画像処理プロセッサが、それらのスレッシュホールド処理された画像を事象を定義するための選択された基準と比較する。それらの定義済み事象は、たとえば不合格品等、検査基準に適合しない事象であってもよい。各事象は、たとえばx-y、r-等の座標系における位置と共にコンピュータメモリに記憶される（ステップ508）。この記憶ステップは、実際には各事象をその位置と共にファイルする。

次に、標準的な画像処理技術を用いて、各事象毎に図心が決定される（ステップ511）。この画像処理技術の一例としては、ピーク検出・画像エロージョン法がある。しかし、用途に応じてこれ以外の方法を用いることも可能である。

次に、ステップ513で事象が類別される。このステップは、同じ特徴を有する事象を選択的にいくつかのグループに類別する。たとえば、ある選択された寸法を持つ事象は1つのカテゴリに入れられる。また、前面上にある事象は別のカテゴリに入れられる。用途に

10

20

30

40

50

応じてこれ以外の類別方式を用いることも可能である。

本発明の他の態様においては、プレート中の欠陥または異常の位置を認識するための技術が得られる。この位置は、前面上でも、バルク媒質中でも、裏面でもよい。一実施形態においては、本発明の方法は簡単に下記のように要約することができる。

(1) プレートをプレートホルダー上に載置する（CCDアレイがプレート全体をカバーできない場合は、 $x - y$ ステージを使用する）。

(2) プレートの z 軸方向位置を第1の焦点外れ位置に調節する。

(3) プレートの前面を外部照明する。

(4) 観測する。

(5) プレートのバルク媒質を内部照明する。

(6) 観測する。

(7) プレートの z 軸方向位置を第2の焦点外れ位置に調整する。

(8) プレートの前面を外部照明する。

(9) 観測する。

(10) プレートのバルク媒質を内部照明する。

(11) 観測する。

(12) 第1の焦点外れ位置で得られた画像と第2の焦点外れ位置で得られた画像と比較する。

(13) 上記比較ステップの結果に基づいて異常の位置を認識する。

(14) 異常をそれらの位置、たとえば上部または下部等の位置に基づいて類別する。

(15) それらの異常の位置に基づいて、選択的にフィルタを適用する。

(16) 必要に応じて、他の $x - y$ 領域に移行する。

この方法の詳細を図6を参照して説明する。しかしながら、ここで説明する方法は、本発明の一例に過ぎず、本願特許請求の範囲の記載に基づく本発明の範囲を限定する意味で解釈してはならない。当業者ならば、これらの特許請求の範囲に記載する発明を実施するための他の技術、変形態様、あるいは修正態様を想到することができよう。特に、外部照明ステップ(3)は内部照明ステップ(5)なしで行うことができ、内部照明ステップ(5)は外部照明ステップ(3)なしで行うことができる。あるいは、ステップ(3)及び(5)は、バルク媒質がこれらの内部及び外部ステップ(3)と(5)を同時に用いて照明されるように行うこともできる。さらに、上に説明した技術は、前述の本発明の実施形態及び/または説明態様のいずれかを用いて実施される。

全体を符号600で示す図示の方法は、プレートをプレートホルダーまたは $x - y$ ステージに取り付けるステップ(ステップ601)を含む。このプレートはステージにしっかり載置シフトレジスタエル。このプレートは、クランプを用いて動かないようにステージに固定される。このようにプレートをしっかり固定すると、以後の観測ステップで正確な光強度観測を行うのに役立つ。

ステージは、一般にプレートの選択された部分がCCDカメラに対して焦点外れとなる選択された位置である第1の焦点外れ位置まで z 軸方向にプレートを調整あるいは下降させる。この第1の焦点外れ位置は、一般に、プレートの前面の真上の位置である。あるいは、CCDカメラはプレートに対して相対的に調整される。第1の焦点外れ位置に関しては、図面を参照して以下に説明する。

次に、本発明の方法は、プレートを外部照明するステップ(ステップ605)に進む。このプレートは本発明の照明技術を用いて照明される。プレートの前面に入射する外部照明(または照明光)は外面の光学異常を強調表示する。これらの異常(すなわち表面異常)には、プレート前面またはその近傍にあるかき傷、細片、粒子付着、溝状傷、気孔等が含まれる。

CCDカメラは、第1の焦点外れ位置での光強度を測定して(ステップ607)、第1の焦点外れ位置における表面異常の第1の画像を取り込む。各異常毎の特徴は、たとえばメモリに記憶するなどによって記録される。これらの特徴には、 $x - y$ データ、光強度測定値、焦点位置に比例した信号等のような情報が含まれる。

10

20

30

40

50

次に、本発明による内部照明技術を用いて照明される（ステップ609）。一実施形態においては、内部照明はプレートの側面を通して供給される。このステップは内部の光学異常を強調表示する。これらの光学異常には、プレートのバルク媒質内の粒子付着、溝状傷、気孔等が含まれる。一部の実施形態においては、内部及び外部照明が同時に行われる。しかしながら、別の態様では、前に述べたように、これら2種類の照明を順次、すなわち異なるタイミングで行うことも可能である。

CCDカメラは、第1の焦点外れ位置でプレートからの光強度を測定して（ステップ611）、第1の焦点外れ位置における内部異常の画像を取り込む。各内部異常毎の特徴は、たとえばメモリに記憶するなどによって記録される。これらの特徴には、 x - y データ、光強度測定値、焦点位置に比例した信号等のような情報が含まれる。

10

次に、ステージはプレートを z 軸方向に第2の焦点外れ位置へ調整あるいは上昇させる（ステップ613）。次に、プレートに外部照明が供給され（ステップ615）、CCDカメラは第2の焦点外れ位置でプレートからの光強度を測定して（ステップ617）、第2の焦点外れ位置における表面異常の第2の画像を取り込む。このステップでは、やはり各異常の特徴（たとえば x 軸方向位置、 y 軸方向位置、光強度等）の特徴が記録される。好ましくは、 x 軸方向位置及び y 軸方向位置は同じに保たれるはずであるから、第1の焦点外れ位置と第2の焦点外れ位置とでは、各異常の光強度だけが変化することが望ましい。内部照明はプレートの側面を介して供給される（ステップ619）。CCDカメラは、光強度を測定して（ステップ621）、第2の焦点外れ位置における内部異常の第2の画像を取り込む。

20

上記の方法は、上に説明し、さらに本願中で説明する種々の照明及び測定技術を用いて実施することができる。たとえば、ステップ605、607、609、及び611は逐次行うことができる。あるいは、ステップ605及び607をステップ609及び611なしで行うようにしてもよい。あるいは、ステップ609及び611をステップ605及び607なしで行うことも可能である。さらに他の実施形態においては、これらの変形態様にさらにステップ615、617、619、及び621を組み合わせることもできる。たとえば、上記のいずれかの変形態様を、逐次行われるステップ615、617、619、及び621と共に行うことが可能である。あるいは、ステップ615及び617をステップ619及び621なしで行うこともできる。あるいは、ステップ619及び621をステップ615及び617なしで行ってもよい。従って、この場合、外部照明と内部照明は、

30

選択されたタイミングで同時に行われる。あるいは、外部照明と内部照明は、上に述べたように選択された異なるタイミングで行ってもよく、あるいは他方の照明方法を行うことなく、一方の照明方法だけ用いてプレートを照明することもできる。多くの場合、これらのステップは各特定の用途に応じて選択される。この実施形態の方法では、次に、第1の焦点外れ位置における画像の特徴と第2の焦点外れ位置における画像の特徴が比較され（ステップ623）、各異常の z 軸方向位置が認識される（ステップ625）。これらの特徴には光強度測定値が含まれる。ステップ627では、各異常が類別され、次に異常が選択的にフィルタされて（ステップ629）、選択された異常が強調表示される。一部の実施形態においては、CCDカメラをさらに他の位置へ移動またはステップ移動させて（ステップ631）、第1及び第2の焦点外れ位置で

40

異常の画像が取り込まれる。これらの技術に関する詳細について、以下さらに説明する。この方法の一例を図7及び8の概略図によって例示説明することができる。図7には、プレート102とその焦点外れ位置705、707が示されている。プレートは厚さが約1.1mmで、ガラス製である。前に述べたようにしてCCDカメラ105と照明がプレートに対してあてがわれる。プレート102は、やはり前面（あるいは上面）701に「T」で示す異常を有し、裏面703に「B」で示す異常を有する。 z 軸上のゼロ点をプレートの厚みの中心「C」にある点と定義する。CCDカメラはこのゼロ点または図示のような物点に合焦される。図8は、焦点外れ位置の異常について距離を z 軸方向に移動させて光強度値を概略プロットしたグラフである。このゼロ点における光強度または焦点は、図8に示すように、CCDカメラに対して前面を z 軸方向に移動さ

50

せてもほとんど変化しない。ゼロ点付近では、CCDカメラは大きな視野深度を有する。ステージは、プレートを第1の焦点外れ位置へ調整する。第1の焦点外れ位置705(たとえばプレートの上方面0.25mm、0.5mm、1.0mm等の点)を前面の上方面に符号「I」で示す。図8に示すように、光強度または焦点はCCDカメラが正のz軸方向に移動する(たとえば1mmから3mmの点へ)に従って小さくなる。この異常に対する光強度の減少は単調である。CCDカメラの視野深度は上下の粒子間の移動距離より小さい。従って、前面の異常Tは、裏面の異常Bの光強度より大きい光強度値を有する。CCDカメラは、これらの異常についてプレートを観測し、この第1の焦点外れ位置における異常T及びBの第1の画像を取り込む。

次に、zステージは、プレートを第2の焦点外れ位置へ調整する。第2の焦点外れ位置707(たとえばプレートの下方面0.25mm、0.5mm、1.0mm等の距離にある点)は符号IIで示されている。CCDカメラがこの第2の焦点外れ位置に合焦されているとき、光強度または焦点は、CCDカメラの移動距離が負のz軸方向に増大する(たとえば-1mmから-3mmの点へ)に従って小さくなる。この関係は大まかにいって線形である。第2の焦点外れ位置における視野深度は、やはりz軸方向の上下の異常間の移動距離より小さい。従って、上部の異常Tからは比較的低い光強度値が測定または検出され、下部の異常Bからは比較的高い光強度値が測定または検出される。CCDカメラはこれらの異常についてプレートを観測し、異常T及びBの第2の画像を取り込む。

この実施形態の方法では、次に上記第1の画像と第2の画像が比較される。特に、第1の焦点外れ位置における上部の異常Tの第1の画像が第2の焦点外れ位置における上部の異常Tの第2の画像と比較される。この第1の画像の光強度値から第2の画像の光強度値を減じると、正の数を得られる。この正の数はプレートの上面にある異常を表しているまた、第1の焦点外れ位置における下部の異常Bの第1の画像が第2の焦点外れ位置における下部の異常Bの第2の画像と比較される。下部の異常の第1の画像の光強度値が下部の異常の第2の画像の光強度値減じられる。この減算によって、裏面にある異常を表す負の数を得られる。このように、正の数は前面上の異常を表し、負の数は裏面にある異常を表す。

別の実施態様においては、第1の焦点外れ位置における異常から得られる光強度値からその第2の焦点外れ位置における同じ異常についての光強度値を減じることによって、より詳細な類別に入れることができる光強度の差を得られる。図9は、そのような光強度値の差(S)をたとえば上面、バルク媒質中、下面等のz軸方向位置(Z)に対してプロットしたグラフである。「X1」から「Xn」までの範囲の差の値(すなわち光強度)は、前面上の異常を表すことができるものである。「Y1」から「Yn」までの範囲の差の値は、前面の下面上にある異常を表すことができる。「Z1」から「Zn」間での範囲の差の値は、バルク媒質中の異常を表すことができる。「A1」から「An」までの範囲の差の値は、裏面の下面上にある異常を表すことができる。そして、「B1」から「Bn」間での範囲の差の値は、裏面上の異常を表すことができる。

本発明のもう一つの実施形態を図10に基づいて説明する。第1の焦点外れ位置901で、CCDカメラは、プレートの前面上の各異常「T」及び裏面上の各異常「B」について光強度値を観測し、そのそれぞれのx-y座標データと共に取り込む。次に、プレートは第2の焦点外れ位置902へ調整される。CCDカメラは、プレートを観測し、異常T及びBの各々について光強度値をそれぞれのx-y座標データと共に取り込む。画像処理プロセッサが、第1の焦点外れ位置と第2の焦点外れ位置における各異常の光強度を比較する。この比較ステップでは、第1の焦点外れ位置における異常の光強度値から第2の焦点外れ位置における同じ異常の光強度値が減じられる。このプロセスの結果、たとえば正及び負の複数の数を得られる。これらの数は、正の数を表す「+」と負の数を表す「-」によって示されている。フィルタを用いて正の数904と負の数905を分離することができる。正の数はプレートの前面上にある異常に対応し、負の数はプレートの裏面上ある異常に対応する。正の数と負の数を分離することによって、各異常のz軸方向位置を知ることができる。

10

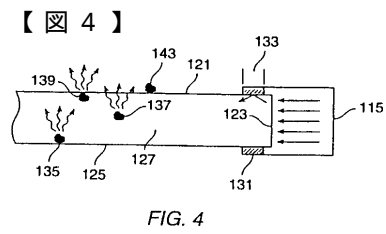
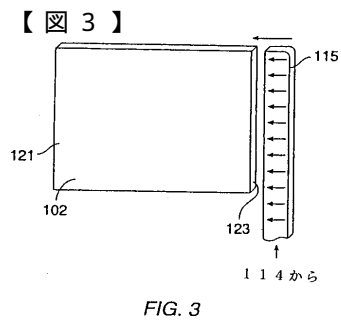
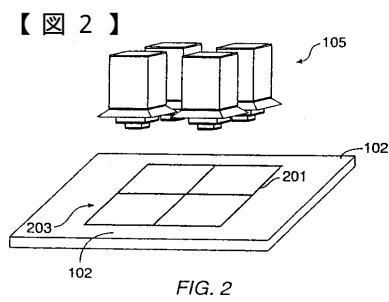
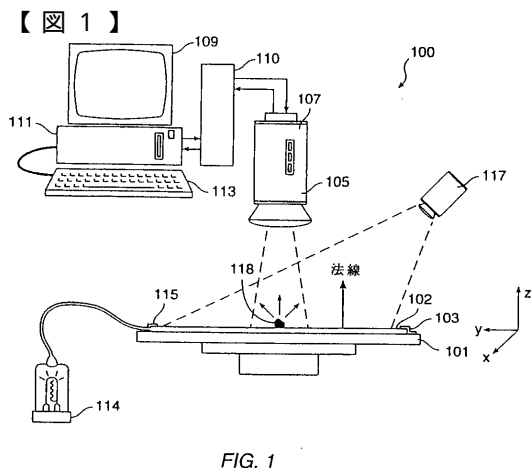
20

30

40

50

以上、本発明を特定の実施形態に基づき詳細に説明した。本願の開示内容に照らして、当業者にとっては他の実施態様が自明であろう。従って、本発明は特許請求の範囲の記載に基づく以外、何ら限定されるものではない。



【 図 5 】

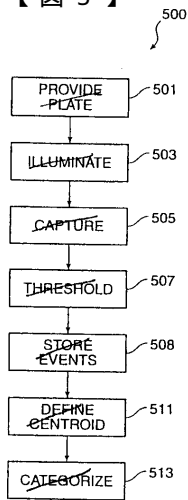


FIG. 5

- 501 プレートを取り付ける
- 503 照明する
- 505 画像を取り込む
- 507 スレッシュホールド処理を行う
- 508 事象を記憶する
- 511 圆心を決定する。
- 513 類別する

【 図 6 】

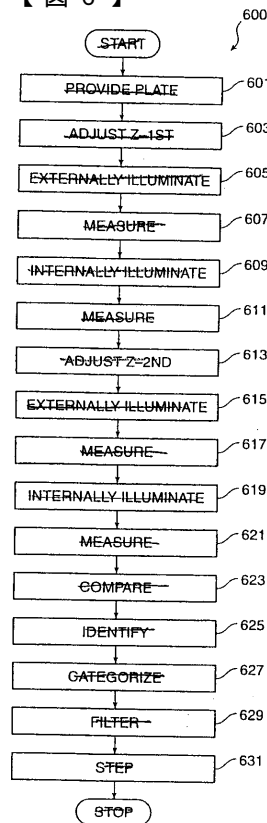


FIG. 6

- START 開始
- 601 プレートを取り付ける
- 603 第1のz軸方向位置を調整する
- 605 外部照明を行う
- 607 測定する
- 609 内部照明を行う
- 611 測定する
- 613 第2のz軸方向位置を調整する
- 615 外部照明を行う
- 617 測定する
- 619 内部照明を行う
- 621 測定する
- 623 比較する
- 625 z軸方向位置を認識する
- 627 類別する
- 629 フィルタする
- 631 移動する
- STOP 終了

【 図 7 】

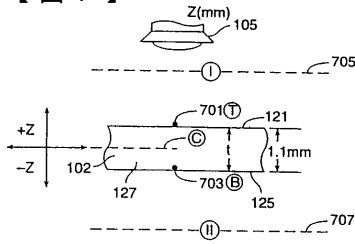


FIG. 7

【 図 9 】

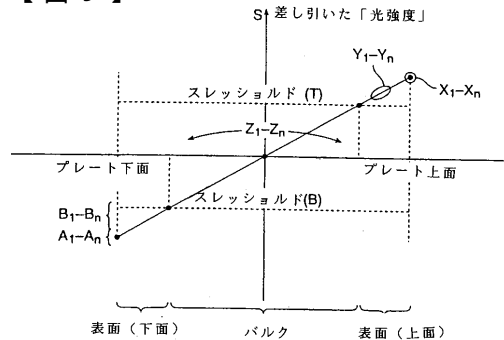


FIG. 9

【 図 8 】

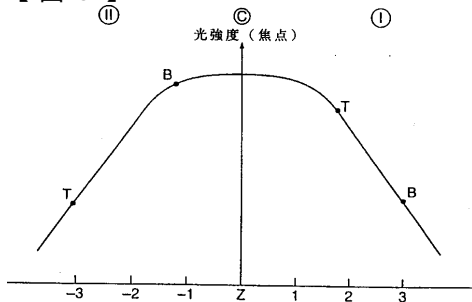


FIG. 8

【 図 10 】

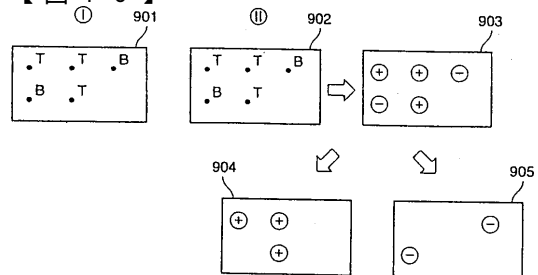


FIG. 10

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 ヘンリイ, フランソア・ジェイ

アメリカ合衆国・95030・カリフォルニア州・ロス ガトス・スカイランド ロード・245
80

(72)発明者 ブライアン, マイケル・エイ

アメリカ合衆国・94606・カリフォルニア州・オークランド・1080-23アールディ ア
ヴェニュー・スタジオ 307

審査官 田邊 英治

(56)参考文献 特開平06-294749(JP, A)

特開平05-018900(JP, A)

特開平04-320951(JP, A)

特開平04-012254(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/84 - 21/958

G01B 11/00 - 11/30