

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5595693号
(P5595693)

(45) 発行日 平成26年9月24日(2014.9.24)

(24) 登録日 平成26年8月15日(2014.8.15)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 B 11/24 (2006.01) GO 1 B 11/24 M
CO 3 B 17/06 (2006.01) GO 1 B 11/24 K
 CO 3 B 17/06

請求項の数 8 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2009-196684 (P2009-196684)	(73) 特許権者	397068274 コーニング インコーポレイテッド アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 31 コーニング リヴァーフロント プ ラザ 1
(22) 出願日	平成21年8月27日(2009.8.27)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(65) 公開番号	特開2010-53030 (P2010-53030A)	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(43) 公開日	平成22年3月11日(2010.3.11)	(74) 復代理人	100116540 弁理士 河野 香
審査請求日	平成24年8月14日(2012.8.14)	(74) 復代理人	100139723 弁理士 樋口 洋
(31) 優先権主張番号	12/229,821		
(32) 優先日	平成20年8月27日(2008.8.27)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 板ガラスの形状を判定するシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

板ガラスの形状を判定する方法であって、
 板ガラスを供給する工程と、
 前記板ガラスの内部を、該板ガラスの内部に蛍光光エネルギーを発生させるよう選択された波長を有する光のビームで照射する工程と、
 前記蛍光を発生する内部のエネルギー重心の位置を決定する工程と、
 を備えることを特徴とする方法。

【請求項 2】

位置を決定する前記工程が、前記発生された蛍光光を単一のカメラで集光し、前記発生された蛍光光エネルギーをセンサ上に結像させることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

板ガラスを供給する前記工程が、ダウンドロー法を用いて前記板ガラスを延伸することを含み、前記板ガラスが、連続的に移動する帯状ガラスであることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記光のビームで、該光のビームの伝搬方向に対して前記板ガラスの背後にある第 2 の面を照らす工程を更に備え、該第 2 の面が蛍光を発生するものであることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 5】

前記光のビームで、該光のビームの伝搬方向に対して前記板ガラスの背後にある第2の面を照らす工程を更に備え、該第2の面が前記ビームを散乱させるものであり、該散乱光の重心が決定されることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項記載の方法。

【請求項6】

前記板ガラスが該板ガラスの厚さにわたって配分されたスズを含むことを特徴とする請求項1から5のいずれか1項記載の方法。

【請求項7】

前記内部の複数の部分が照射され、複数のエネルギー重心の複数の位置が決定されることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項記載の方法。

【請求項8】

板ガラスの形状を判定するシステムにおいて、

レーザビームを所定の角度で所定の投影ベクトルに沿って板ガラスに向かわせるよう構成されたレーザであって、前記レーザビームが、該レーザビームが伝搬する前記板ガラスの内部に蛍光発光を生じさせて蛍光光エネルギーを発生させるのに十分な選択された波長を有し、前記蛍光発光する内部がエネルギー重心を含む、レーザと、

前記蛍光光エネルギーを受け取り、該蛍光光エネルギーをセンサ上に結像させるよう構成された画像取込装置であって、前記センサが、該センサ上に結像された前記蛍光光エネルギーの位置に基づく位置信号を生成する、画像取込装置と、

前記画像取込装置から前記位置信号を受け取る工程と、前記画像取込装置と前記エネルギー重心との間の受光ベクトルを決定する工程と、前記投影ベクトル及び前記受光ベクトルに基づき、前記板ガラスの前記蛍光発光する内部における前記エネルギー重心の位置を決定する工程とを実行するよう構成されたプロセッサと、
を備えることを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、板ガラスの形状を判定するシステム及び方法に関する。具体的には、フュージョンダウンドロー法で板ガラスを形成中及び/又は形成後の板ガラスの形状を判定するシステム及び方法が提供される。

【背景技術】

【0002】

近年、液晶ディスプレイ(LCD)用途を含む各種用途で用いられる板ガラスの形状属性が大きく注目されている。例えば、LCD用途で用いられる板ガラスは、形状のばらつき及び圧縮が低いべきである。板ガラスの形状を特徴付けできる能力は、有益なプロセスツールであるが、形成プロセス中及び形成プロセス後のガラス形状を測定するための現行の技術は、データの質及び量が限られている。

【0003】

ガラスの表面に接触せずに、大きなガラス(例えば、片面の表面積が9m²を超える板ガラス)の形状を測定することは、ガラスの高い光透過率及び正反射により困難なものとなる。物体の形状測定のために現在用いられている多くの技術は、基板表面による光の拡散散乱に依存するものであるが、ガラスは正反射性を有するため、これらの技術は板ガラスの形状判定には容易に適用できない。更に、反射光に依存する方法は、概して、小さい視野、又は、測定される板ガラスのサイズに近い非常に大きいセンサに限られる。これらのセンサは、有効に機能するには、ガラスに対して正反射角度で配置されなければならないのが一般的である。従って、板ガラスの形状を判定するには、一般的に、複数のセンサのアレイ、又は単一のセンサのトラッキングが必要であり、このことにより、これらのシステムのコスト及び複雑さが増す。更に、このようなシステムは、空間的制約及び通常遭遇する不利な状況に起因して、ガラス形成プロセスに統合するには大き過ぎることが多い。

【0004】

10

20

30

40

50

板ガラスを形成するための従来のフロート法では、溶解したスズのプール又はバスに、溶けたガラスが流されて広がる。このプロセスは何十年にもわたって用いられており、様々な用途（特に窓ガラス）で用いるための高品質な板ガラスの供給を担っている。

【0005】

特定の用途では、板ガラスは、窓ガラスに適したガラスを超えた特性（例えば、平坦度、薄さ、圧縮等）を有することが要求される。このような用途では、フュージョンダウンドロー法により、非常に高品質（例えば、表面仕上げ）な板ガラスが製造されることがわかっており、この板ガラスは、フロート法で形成された板ガラスでは一般的に必要な形成後の表面コンディショニング（例えば研磨）が必要ない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

フュージョンダウンドロー法では、熔融ガラスをベースにした材料が、トラフを有する耐熱体に供給される。熔融材料はトラフから溢れ出し、別々の流れとして耐熱体上を流れ、耐熱体の底部で再結合し、清浄な表面を有する帯状ガラスを形成する。フュージョン法の途中のガラスの帯の形状は、得られる板ガラスの寸法安定性等といった、製造中のガラスの品質属性を早期に示すものであり、帯状ガラスの形状を取得することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0007】

適切なエネルギーで刺激された際に蛍光を発する多くの材料が知られている。本発明によれば、1つ以上の蛍光を発する種（例えばイオン）を含むガラスを適切な波長の光で照射することにより、このガラスに蛍光発光させる。蛍光発光を生じさせることが知られている材料（付活剤材料）としては、ウラン、マンガン、モリブデン、チタン、銀、タンゲステン、ホウ素、リチウム、テルル、ビスマス、スズ、カルシウム、ゲルマニウム、インジウム及び鉛が挙げられるが、これらに限定されない。上述の材料のいずれか1つ以上、又はガラス材料に蛍光発光を生じさせる他の任意の材料は、ガラス組成物内に含まれた際に、適切な蛍光付活剤として作用し得る。ガラスに蛍光発光を生じさせるのに必要な光の波長は、特定の材料によって異なるが、多くは、紫外（UV）波長範囲内の波長である。

【0008】

ガラス体の内部における蛍光発光を用いて、幾何学的な三角測量により、蛍光発光の点におけるガラスの位置を決定し得る。一例では、内部バルクを画成する帯状ガラスの形状を推定するシステムは、光源と、画像取込装置と、プロセッサとを備え得る。光源は、光のビームを、所定の角度で所定の投影ベクトルに沿って、板ガラスの選択された部分に向かわせるよう構成され得る。光のビームは、板ガラスのバルクの選択された部分に蛍光発光を生じさせて蛍光光エネルギーを発せさせるよう構成される。

【0009】

画像取込装置は、帯状ガラスから発せられた蛍光光エネルギーを検知するよう構成されたセンサを備え得る。画像取込装置は、更に、センサ上に結像された光エネルギーの位置及び振幅に基づく信号を生成し得る。プロセッサは、センサによって供給された信号を受け取り、ガラスの蛍光発光する部分と画像取込装置（例えばカメラ）との間のベクトルを決定する。2つのベクトル（投影ベクトル及び受光ベクトル）及び他の固定された幾何学的システムパラメータを所与として、プロセッサは、三角測量を用いて、蛍光発光の位置を決定できる。

【0010】

投影光ベクトルの角度を変えることにより、プロセッサは、ガラスの離散的な複数の位置を表わす複数の発光点を生じさせることができる。プロセッサは、これらの離散的な点から、帯状ガラス又は板ガラスの形状を判定できる。或いは、構造化された光を板ガラスに向かわせ、複数の発光点を同時に生じさせれば、形状測定が大きくスピードアップされ得る。

【0011】

10

20

30

40

50

一実施形態では、板ガラスの形状を判定する方法が開示され、この方法は、板ガラスを供給する工程と、板ガラスの内部を、該板ガラスの内部に蛍光光エネルギーを発生させるよう選択された波長を有する光のビームで照射する工程と、蛍光を発生する内部のエネルギー重心の位置を決定する工程とを備える。

【0012】

別の実施形態では、板ガラスの形状を判定する方法が開示され、この方法は、板ガラスを供給する工程と、板ガラス上の複数の所定の位置に、該板ガラスの内部に蛍光光エネルギーを発生させるよう選択された波長を有する光のビームを向かわせる工程とを備える。この内部によって発生された蛍光光エネルギーをセンサ上に結像させて、蛍光を発生する内部のエネルギー重心の位置を決定できる。これらの工程を板ガラス上の複数の位置に対して繰り返し、複数のエネルギー重心位置を取得し、この複数のエネルギー重心位置から板ガラスの形状を判定できる。

10

【0013】

更に別の実施形態では、板ガラスの形状を測定するシステムが開示される。このシステムは、レーザビームを所定の角度で所定の投影ベクトルに沿って板ガラスに向かわせるよう構成されたレーザを備える。レーザビームは、該レーザビームが伝搬する板ガラスの内部に蛍光発光を生じさせて蛍光光エネルギーを発生させるに十分な選択された波長を有し、蛍光を発生する内部はエネルギー重心を含む。システムは、蛍光光エネルギーを受け取り、該蛍光光エネルギーをセンサ上に結像させるよう構成された画像取込装置を更に備え、センサは、センサ上に結像された蛍光光エネルギーの位置に基づく位置信号を生成する。プロセッサは、画像取込装置から位置信号を受け取る工程と、画像取込装置とエネルギー重心との間の受光ベクトルを決定する工程と、投影ベクトル及び受光ベクトルに基づき、板ガラスの蛍光発光する内部におけるエネルギー重心の位置を決定する工程とを実行するよう構成される。システムは、選択された1又は複数の方向における板ガラスの形状を判定できるように、板ガラスの内部の複数の部分が蛍光発光するよう構成され得る。内部の複数の部分は、順次又は同時に蛍光発光させられ得る。

20

【0014】

本発明の更なる態様は、部分的には以下の詳細な説明及び添付のいずれかの請求項で述べられ、部分的には以下の詳細な説明から導出され、又は、本発明を実施することによって知ることができる。上述の概括的な説明及び以下の詳細な説明は、どちらも例示的且つ説明的なものに過ぎず、開示される発明及び/又は特許請求される発明を限定するものではないことを理解されたい。

30

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施形態による例示的なフュージョンダウンドロー法を示す、部分的に切り取られた斜視図

【図2】本発明の一実施形態による板ガラスの形状を判定するシステムの模式図

【図3】投影ベクトルの入射角の減少の効果を示す模式図

【図4】本発明による例示的な三角測量法を示す模式図

【図5】本発明による第2の蛍光発光する板ガラスを用いた、板ガラスの形状を判定する別のシステムの模式図

40

【図6】ガラス全体にそれぞれ異なる濃度のスズ(Sn)が均質に配分された各種板ガラスが248nmの波長の光で照射された際に発生する蛍光光の強度を示すグラフ

【図7】本発明の一実施形態による、一次元で測定された板ガラスの形状を示すグラフ

【発明を実施するための形態】

【0016】

本願明細書に組み込まれ、その一部を構成する添付の図面は、本発明の様々な態様を示すものであり、本願明細書の記載と共に、本発明の原理を説明する役割を有する。

【0017】

以下の本発明の様々な実施形態の説明は、本発明を実施可能とする教示として提供され

50

るものである。この目的で、当業者には、本発明の有益な結果を依然として享受しながら、本願明細書に記載される様々な実施形態に対して多くの変更がなされ得ることが認識されよう。本発明の特徴の一部を選択して他の特徴を用いなければ、本発明の利益の所望の一部が得られることも自明である。従って、本発明に対する多くの変形及び適応を行うことが可能であり、特定の状況ではそれが望ましい場合もあり得、それらも本発明の一部であることが当業者には認識されよう。従って、以下の説明は本発明の原理を説明するために提供されるものであり、本発明を限定するものではない。

【 0 0 1 8 】

本発明の複数の実施形態による、形成プロセス中及び／又は形成プロセス後の板ガラスの形状を判定するシステム及び方法が記載される。本願明細書で用いられる「板ガラス」という用語は、形成中又は形成後のガラスを無制限に含むことが意図される。従って、一例として、「板ガラス」という用語は、アイソパイプのルート部の下流における様々な状態（例えば、粘弾性、弾性等）の帯状ガラス、並びに、帯状ガラスから切断され得る最終的な板ガラスを含み得る。

10

【 0 0 1 9 】

本願明細書ではフュージョンダウンドロー法を参照して説明するが、本願明細書に記載されるシステム及び方法は、フロート法、スロットドロー法、アップドロー法、及び単一面オーバーフロー・ダウンドロー法等を含む公知の様々なガラス形成プロセスの任意のものをを用いて形成される帯状ガラス又は板ガラスの形状を判定するために用いられ得ることが意図される。

20

【 0 0 2 0 】

図 1 に示されている、板ガラスを形成するための例示的なフュージョンダウンドロー法では、供給管 10 から、集積トラフ 14 を有する耐熱体、即ちアイソパイプ 12 に、熔融ガラス 11 が供給される。熔融ガラスはトラフの上部から両側に溢れ出て、2つの別々のガラスの流れを形成し、アイソパイプの互いに収束する外面 16 に沿って内側に向かって流れ下り、アイソパイプの延伸ライン、即ちルート部 18 で結合する。この2つの熔融ガラスの流れはルート部で合い、そこで一体に融合して単一の帯状ガラス 20 になる。帯状ガラスは、延伸部及びその他の下流の処理設備に供給され、最終的に板ガラスが得られ得る。

30

【 0 0 2 1 】

形成プロセス中に、帯状ガラス 20 は幾つかの物理的な状態を経る。熔融ガラスは粘性状態でアイソパイプ 12 の両側に溢れ出る。次に、別々の流れはアイソパイプの底部で融合して帯状ガラスを形成し、その後、ガラスの帯は粘弾性状態から弾性状態に遷移する。ガラスが弾性材料になった後、（けがき線 22 で示されるように）帯状ガラスに切れ目がつけられて分断され、最終的な板ガラス 24 が形成される。

【 0 0 2 2 】

一実施形態によれば、図 2 に示されているシステム 26 を用いて、形成プロセス（例えばダウンドローフュージョン法）中に帯状ガラスの形状を判定でき、又は、板ガラスが帯状ガラス（又はより大きな板ガラス）から分断された後で、個々の板ガラスの形状を判定できる。システム 26 は、照明装置 28、画像取込装置 30 及びプロセッサ 32 を有する。照明装置 28 は、照射されたガラスの内部 36 が蛍光を発するよう選択された波長のビームを、選択された投影ベクトル 34 に沿って、板ガラス 24 に向かわせるよう構成され得る。ここでいう内部とは、板ガラスの主要な両面間の（即ち板ガラスの厚さにわたる）部分を意味する。その結果、ガラスは、照射されたガラスの内部から蛍光エネルギーを発する。画像取込装置 30 は、プロセッサ 32 と協働して、発せられた光を受光して、蛍光を発する内部のエネルギー重心（例えば図 3 の 58 a、58 b）と画像取込装置との間のベクトル 37 を決定するよう用いられ得る。マスター基準フレーム、投影光ベクトル 34、受光光ベクトル 37 及びシステムの形状を所与として、プロセッサ 32 は、マスター基準フレーム内における蛍光を発する内部のエネルギー重心の位置を計算できる。

40

【 0 0 2 3 】

50

照明装置 28 は光源 38 を有し、光源 38 は、例えば、レーザ、発光ダイオード (LED) (UV-LED 光源等)、ランプ (高出力 UV ランプ等)、又は、板ガラスの内部で蛍光発光を生じさせる波長の光を狭いビームで板ガラスに向かわせることができる他の任意の光源である。一実施形態では、照明装置 28 は、紫外領域の波長を有するレーザビーム 40 を発するよう構成されたレーザ 38 を有し得る。場合によっては、レーザは、レーザビームがガラスを通過して伝搬する際にガラスの蛍光発光を生じさせることができる任意の波長を有する光を発するよう構成され得る。例えば、レーザは、約 150 nm ~ 約 500 nm の範囲、約 220 nm ~ 約 290 nm の範囲、又はより好ましくは約 260 nm ~ 約 270 nm の範囲の波長を有し得る。例示的なレーザとしては、特に、266 nm の第四高調波 YAG レーザ、248 nm の NeCu レーザ、248 nm の ArF レーザ、又は 224 nm の HeAg レーザが挙げられるが、これらに限定されない。

10

【0024】

照明装置 28 は更に、ミラー又は多面プリズム等の光学要素 42 を有し得る。光学要素 42 は、レーザ源からのレーザビームを受光して板ガラス 24 上の所定の位置に向かわせるために、様々な所定角度で選択的な配置が可能である。特定の態様では、光学要素 42 は、当該技術分野で公知の従来のミラーガルバノメータを有し得る。例えば、ミラーガルバノメータは、二軸走査ミラーガルバノメータであってもよく、ステップモードで動作する 2 つの単軸走査ミラーガルバノメータであってもよい。ガルバノメータは角度位置センサ 44 を有するのが好ましい。角度位置センサ 44 は、ミラーの角度位置を取得してプロセッサ 32 に供給することにより、ミラーから反射されたビームのマスター基準フレーム内における角度方向を提供する。角度位置センサ 44 は、ミラーのアクチュエータ 45 内に組み込まれ得る。ガルバノメータや、走査機構若しくは方向付け機構を用いない場合には、角度位置センサは、レーザ又は用いられ得る他の光源と直接関連付けられてもよい。必要であれば、構造の初期較正を行って、カメラ及び光源の位置を決め、マスター座標フレーム内においてそれらの位置を定めることができる。或いは、カメラ及び光源の両方に、それぞれの位置に関する情報をプロセッサ 32 に供給する位置センシング装置を備えてもよい。

20

【0025】

図 2 に示されている更に別の態様では、照明装置 28 は、必要に応じて、光ビームによる対称的なエネルギー分布を確実にするための空間フィルタ又はビーム整形器 46 を有する。照明装置 28 は、板ガラスに入射するビーム幅 (例えば断面積) を調節するビーム拡大器 48 も有し得る。

30

【0026】

画像取込装置 30 は撮像カメラ 50 を有し、撮像カメラ 50 は、少なくとも板ガラスの一部がカメラの視野内に入るよう配置できる。カメラ 50 は、蛍光を発する内部のエネルギー重心からカメラに向かうベクトルを判定するために、カメラによってセンサに取り込まれる蛍光光エネルギーを撮像するよう構成され得る。単一のカメラを用いればよい。しかし、幾つかの実施形態では、板ガラス 24 が単一のカメラの視野より大きい場合に、複数のカメラが用いられ得る。複数の視野を重複させる必要は無い。

40

【0027】

撮像カメラ 50 は、レンズ系 52 及びセンサ 54 を有する。レンズ系 52 は、蛍光を発するガラスによって発せられた光を受光して、受光光エネルギーをセンサ上に結像させるよう構成される。センサ 54 は、例えば、アナログ位置センシング検出器 (PSD) 又は画素化アレイセンサであり得る。好ましい実施形態では、センサ 54 は画素化アレイセンサである。受光光エネルギーがセンサ上に結像されると、発せられた蛍光光エネルギーの角度ベクトルがセンサ上の位置に変換される。センサ 54 は、この位置をアナログ又はデジタル出力信号に変換し、この信号はライン 55 を介してプロセッサ 32 に供給される。

【0028】

蛍光スポットのエネルギー重心は板ガラスの内部にあるので、システム 26 は、ガラスのバルク効果を補償するよう構成され得る。図 3 に示されるように、レーザビームがガラ

50

スを通して伝搬すると、エネルギー強度プロファイルによって示されるビームの光エネルギーが吸収される（減衰する）。この減衰はほぼ指数関数的である。この例では垂直であるものとする第1の位置における強度分布は、エネルギー重心58aを有する領域56aによって示されている。ビームが板ガラスを横断して第1の（左）位置（ベクトル34a）から第2の（右）位置（ベクトル34b）へと走査されると、（ガラスの平面に対する）入射角が減少し、ガラスを通るビームの経路の長さが増加して、ビームの減衰が大きくなる。従って、ビームが走査されると、検出された蛍光発光のエネルギー重心がガラスの入射面59に近づき、単に走査のアーチファクトとして、板ガラス/帯状ガラスが曲がっているように見える。プロセッサ32は、この影響を補償するよう構成されるのが好ましい。

10

【0029】

板ガラスの形状を判定するために、プロセッサ32は、照明装置28からのベクトル34a、34bの角度方向、及び板ガラスの蛍光を発する内部のエネルギー重心から画像取込装置30までのベクトル37a、37bの角度方向を用いて、マスター基準フレーム内におけるエネルギー重心の位置の三角測量を行う。例えば、デカルト座標のマスター基準フレームに関するエネルギー重心のx、y、z座標が計算され得る。

【0030】

投影光ビームを板ガラスの横断方向に移動させ、板ガラスの内部の選択された複数の部分に蛍光発光させることにより、ガラス形状のマップを決定できる。例えば、移動の二次元的範囲に応じて、多数の点を生成することにより一次元マップ又は二次元マップが生成され得る。センサは、多数の点における個々のエネルギー重心を検知するよう構成されてもよく、プロセッサは、個々のエネルギー重心の位置を決定するよう構成されてもよい。

20

【0031】

1つの態様では、プロセッサ32は、各エネルギー重心とセンサ54との間の受光光ベクトルをそれぞれ決定し、各エネルギー重心の投影ベクトル及び受光光ベクトルに基づいて各エネルギー重心の位置を決定するよう構成される。決定された一続きのエネルギー重心（例えば多数の点）の位置に基づき、板ガラスの形状を密に近似できる。

【0032】

一実施形態によれば、板ガラスの形状を判定する方法は以下のように進行する。プロセッサ32はレーザ及びミラーガルバノメータと電気的に通信し、ミラーガルバノメータ（即ち、光学要素42）のアクチュエータに位置決め信号を送るよう構成されている。位置決め信号に応答して、ミラーガルバノメータは、レーザビームを、マスター座標系内で定められたガルバノメータのミラーと板ガラスとの間の投影ベクトル34に沿って所定の角度で板ガラス24に向かって反射するための第1の位置に配置され、ガルバノメータの位置信号がライン61に沿ってプロセッサ32に送られる。

30

【0033】

レーザビームはガラスと交差してガラスの内部を照射し、照射された板ガラスの内部は蛍光光エネルギーを発する。カメラ50、又は他の画像取込装置は、センサ54により、発せられた蛍光光エネルギーの角度方向（例えば、発せられた光のエネルギー重心）を検知する。センサ54は、センサ上に結像された光の位置及び振幅に基づく電子的な信号を、ライン55に沿ってプロセッサに供給し、この信号から、エネルギー重心からのベクトルを決定できる。

40

【0034】

レンズ系は、当業者に周知の方法を用いて、受光された蛍光光エネルギーがセンサ上における光エネルギーの位置に正確に変換されることが確実にできるよう較正できる。例えば、焦点距離、径方向の対称的なレンズ歪み、傾斜したレンズパースペクティブ、非径方向の対称的な歪み、レンズの軸外収差による重心のずれ、及びガラスの蛍光発光のバルク効果等を含むがこれらに限定されない1つ以上のレンズの影響を較正する必要があり得る。

【0035】

一つの例示的な態様において、センサが画素化センサである場合には、個々の画素デー

50

タを、センサによって大域的アナログ利得及びオフセット関数を用いて処理し、所望のSN比を得ることができる。各画素を個々の利得/オフセットに関して較正して、センサ上のパターンノイズを低減することができる。こうして得られた電子的な信号をプロセッサ32に渡すことができる。更に、プロセッサは、フレーム対フレームのサブトラクションを行って、セットアップにおける背景画像の変化の影響を低減することができる。更にノイズを低減するために、画像化されたエネルギー重心のサイズに適合させた標準的な空間フィルタを、画像にわたって実施することができる。空間フィルタ、並びに他の信号処理関数は、バイアス誤差を最小限にするよう変更可能である。従来のプロブ検出アルゴリズム及び画素-重心アルゴリズムを実施して、画素空間内で、画素化センサの基準フレーム内におけるエネルギー重心の位置を計算できる。次に、実際のエネルギー重心とカメラとの間のベクトルを取得するために、レンズ変換アルゴリズムが適用され得る。

10

【0036】

プロセッサ32は、標準的な三角法、ガルバノメータから板ガラスまでの投影ベクトル及び板ガラスからカメラまでの蛍光光(受光)ベクトル、並びに光源(例えばガルバノメータ)及びカメラの既知の位置を用いて、板ガラスの蛍光を発する内部のエネルギー重心の位置の三角測量を行う。図4には例示的な方法が示されている。図4の実施形態によれば、マスター基準フレームは、x、y及びz軸によって定義される。照明装置28(具体的には光学要素42)及び画像取込装置30の位置はマスター基準フレーム内で定められ既知であり、投影ベクトル及び受光ベクトルの角度的方向も既知である。板ガラスの蛍光を発する内部のエネルギー重心(例えば58a)の位置は、以下の式で決定できる。

20

【数1】

$$x_t = \frac{x_c \tan \theta_s - x_s \tan \theta_c + (y_s - y_c) \tan \theta_c \tan \theta_s}{\tan \phi_{st} - \tan \phi_{ct}}$$

$$y_t = \frac{y_s \tan \theta_s - y_c \tan \theta_c + x_c - x_s}{\tan \theta_s - \tan \theta_c}$$

$$z_t = r_c \tan \phi_c + z_c$$

【0037】

30

式中、

【数2】

$$r_{st} = \sqrt{(x_t - x_s)^2 + (y_t - y_s)^2}$$

【0038】

であり、添え字「s」は光源と関連付けられており、添え字「c」はカメラと関連付けられており、添え字「t」はエネルギー重心と関連付けられている。従って、例えば、 ϕ_{ct} はカメラとエネルギー重心との間のベクトルの角度であり、 x_t 、 y_t 及び z_t はそれぞれエネルギー重心のx、y及びz座標である。尚、光源から板ガラスまでのベクトルは、直接路にある光源の位置から決定されるので、光学要素42(例えばガルバノメータのミラー、又はミラーが用いられない場合には他の光学要素)から板ガラスまでのベクトルが決定される。

40

【0039】

プロセッサは、板ガラスの厚さの影響を補償するよう構成されるのが好ましい。1つの態様では、システムの初期較正を行うことができ、較正中に取得した値に基づき参照テーブルを作成できる。1つの態様では、補正アルゴリズムはこれらの値に基づくものであり得る。

【0040】

上述の処理を順次繰り返して、ガラスの蛍光を発する内部の更なる部分(例えば重心5

50

8 b) の位置を決定できる。従って、プロセッサ 3 2 は、ライン 6 1 を介して、ミラーガルバノメータがレーザービームを第 2 の投影ベクトルに沿って板ガラスに向かって反射するよう、ミラーガルバノメータを再配置するための位置決め信号を送るよう構成され得る。画像取込装置は、第 2 のエネルギー重心から発せられた蛍光光エネルギーを検知して、対応する電気的な信号をプロセッサに送るよう構成される。尚、プロセッサは、第 2 のエネルギー重心とカメラとの間の蛍光光ベクトルを決定すると共に、第 2 のエネルギー重心の位置を決定する。同様にして、ガラスの蛍光を発する内部の多数の部分が生成されると、プロセッサによって個々のエネルギー重心の位置が計算され、個々のエネルギー重心位置の位置に基づいて、ガラスの形状を判定できる。

【 0 0 4 1 】

更に別の実施形態では、いわゆる「構造化された」光を用いて、蛍光を発する内部の複数の部分が同時に形成され得る。例えば、光学要素 4 2 は、ビーム 4 0 を、板ガラスの内部の複数の部分を照射する複数のビームに分割する多面反射要素であり得る。

【 0 0 4 2 】

幾つかの実施形態では、移動するガラスの帯について、ガラスの形状（例えば、図 1 の蛍光発光点 6 0 の線で示される帯状ガラスの幅方向の形状）が判定され得る。例えば、フュージョンドロウ法においてアイソパイプから延伸中の移動する帯状ガラスの形状を、所与の位置（例えばガラスの弾性領域）における板ガラスの幅にわたって判定できる。一般的な製造環境では、フュージョンドロウ装置は高温（例えば 8 0 0 ）になり得る閉鎖空間内にあり、帯状ガラスを囲む閉鎖空間内で必要な微妙な温度バランスを保つために、この空間へのアクセスは制限されている。従って、帯状ガラスを照射するために、窓を通して空間内に光源を向けることが必要となり得る。このような例では、帯状ガラスの幅にわたる二次元走査が、唯一の実用的な選択肢となり得る。当然ながら、システムは、窓によって生じる歪みを考慮して較正されるべきである。アクセスがさほど制限されていない他の実施形態では、二次元測定を行うことができ、この場合、複数の点 6 2 で示される二次元形状及びノ又は傾斜を取得するために、帯状ガラスは、光源によって、帯状ガラスの幅及び下方への長さ方向の複数の点にわたって走査される。更に別の態様では、システムは、切断された板ガラスを二次元走査して、その全体形状を判定し、その板ガラスが任意の要求仕様を満たしていることを確実にすることもできる。

【 0 0 4 3 】

本発明は、ガラスが定まった形状を有しない（例えば溶融）温度より低い温度のガラスの形状測定に有利に用いられ得る。例えば、試験では、本発明が、8 0 0 超の温度を有するガラスの形状測定に適用可能であることが示されている。一方、室温以下の温度の板ガラスの形状測定は容易に行われ得る。従って、材料自体の物理的制約に基づき、測定される物品の可能な温度は広範囲にわたる。ディスプレイ用途で用いられるガラスについては、形状測定は、例えば、室温（即ち 2 3 ）以下で、並びに 1 0 0 超、2 0 0 超、3 0 0 超、4 0 0 超、5 0 0 超、6 0 0 超、7 0 0 超及び 8 0 0 超までのガラス温度で行われ得る。試験は、少なくとも 8 5 0 の温度で良好に行われた。

【 0 0 4 4 】

更に別の実施形態では、図 5 に示されるように、板ガラス 2 4 の背後に第 2 の既知の（既知の形状を有する）平面 6 4 が配置され得る。既知の面は、レーザービームで照射された際に蛍光を発するよう選択された材料の表面であり得る。レーザービームは、ミラーガルバノメータで反射され、既知の平面が背後に配置された板ガラスに向けられ得る。図 5 に示されるように、板ガラスの内部及び既知の面からそれぞれ蛍光スポットが発光する。板ガラスの蛍光を発する内部の重心に対して、既知の面の蛍光領域の重心を参照することにより、アルゴリズム処理を介して高い相対精度を得ることができる。例えば、既知の面の形状及び位置は既知であるので、既知の面の（多数の蛍光スポットを介して）「測定された」形状を、既知の面の実際の形状からサブトラクトして、既知の面の測定された形状と実際の形状との差を決定できる。この差を、測定された板ガラスの形状に補正係数として適用すれば、実際の板ガラスの形状を高精度で判定できる。

10

20

30

40

50

【0045】

上述の実施形態の代替例として、第2の既知の面は、単に、表面で高レベルの散乱が生じるような拡散面を有するものであってもよい。第2の板の表面における蛍光発光の重心の代わりに、第2の板の表面における散乱の重心を用いてもよい。

【実施例】

【0046】

約0.5重量%のスズ濃度(サンプルA)、約0.1重量%のスズ濃度(サンプルB)及び約0.01重量%のスズ濃度(サンプルC)を有する3枚の板ガラスについて、ガラスの発光スペクトルを判定する試験を行った。これらの板ガラスを、NeCuレーザ源からの248nmの光で刺激した。図6からわかるように、ガラスは、350nm~500nm波長範囲、及び実際にはこの範囲より下及び上(例えば約250nm~約700nmの範囲)の範囲で、相対的なスズ濃度に依存する強度を有する蛍光を発した。図示されるように、スズ濃度が高いガラスは、スズ濃度が低いガラスよりも高い強度の蛍光を発した。

10

【0047】

図2に示されているシステムで、ガウス形状に近いビーム形状を有する266nmの第四高調波YAGパルスレーザを用いて、板ガラスの形状を判定する第2の試験を行った。

【0048】

2つのサブ試験を行った。第1のサブ試験では空間フィルタを用い、2xの出力損失を生じたが、レーザビームの均一性は増加又は維持された。第2のサブ試験では空間フィルタは取り除き、レーザ出力は増加したが、レーザビームの形状の均一性は僅かに低下した。どちらのサブ試験でも、ビーム拡大器を用いて、ガラスバルク中に約1mm~約5mmのサイズの蛍光スポットを得た。

20

【0049】

どちらのサブ試験でも、ミラーガルバノメータを用いて、レーザビームを板ガラスに向かわせた。ミラーガルバノメータの角度位置を用いて、ターゲットの板ガラスに向かって反射されたレーザビームの角度を決定した。本願明細書で上述した機能を実行するレンズ系及びセンサを有するカメラを用いて、得られた蛍光を受光した。

【0050】

板ガラスを、カメラ及び光源から約1メートルの位置に配置し、カメラ及びガルバノメータを、互いから約800mmの位置に固定した。カメラ及びレーザに対する様々な位置に配置された様々な形状のLCD用板ガラスを測定し、それぞれの形状を判定した。例えば、長さが約1メートルの概ね平坦な板ガラスの19箇所の点を一次元走査し、様々な点における板ガラスの位置を用いて、板ガラスの全体形状を判定した。図7の曲線66で示される測定された板ガラスの形状は、名目上平坦であった。曲線68で、測定の標準偏差も示されている。次に、板ガラスをX-Y平面内において様々な角度で傾斜させた。結果は、僅か約30µmのランダム誤差を示した。次に、板ガラスをZ-Y平面内において様々な角度で傾斜させた。ここでも、結果は予想通り、ランダム誤差は僅か約30µmであった。

30

【0051】

本発明の上述の実施形態、特にいずれの「好ましい」実施形態も、単に可能な実施例であり、本発明の原理の明確な理解のために述べられたものに過ぎないことが強調されるべきである。本発明の精神及び原理から実質的に逸脱することなく、本発明の上述の実施形態に対して多くの変形及び修正が行われ得る。例えば、板ガラスの寸法が大きい場合には、複数の光源及び複数のカメラを用いてもよく、従って、図2に示されている装置又はユニットを増やすことになる(但し、そのような全てのユニットを制御するために、プロセッサを増やすのではなく、中央処理装置を用いてもよい)。この実施形態によれば、各ユニットは板ガラスの所定の部分を走査し、それらの結果を他のユニットからのデータと統合して、板ガラス全体の合成画像が構成される。各カメラの視野を重複させる必要はないが、所望であれば、板ガラスが完全にカバーされることを確実にするために、幾分重複さ

40

50

せてもよい。

【 0 0 5 2 】

更に、上述の説明は板ガラスの測定に基づくものであったが、適切な波長の光で照射された際に材料の本体が蛍光を発するものであれば、他の材料を本発明の実施形態に従って測定してもよい。例えば、板ガラスを特定のプラスチックシートと置き換えてもよい。そのような修正及び変形は全て、本開示及び本発明の範囲に包含され、添付の特許請求の範囲によって保護されることが意図される。

【 0 0 5 3 】

従って、本発明の態様及び / 又は実施形態は以下を含み得るが、これらは本発明を限定するものではない。

【 0 0 5 4 】

C 1 : 板ガラスの形状を判定する方法であって、
板ガラスを供給する工程と、
前記板ガラスの内部を、該板ガラスの内部に蛍光光エネルギーを発せさせるよう選択された波長を有する光のビームで照射する工程と、
前記蛍光を発する内部のエネルギー重心の位置を決定する工程と
を備えることを特徴とする方法。

【 0 0 5 5 】

C 2 : 前記波長が UV 波長であることを特徴とする C 1 に記載の方法。

【 0 0 5 6 】

C 3 : 前記光のビームがレーザービームであることを特徴とする C 1 又は C 2 に記載の方法。

【 0 0 5 7 】

C 4 : 位置を決定する前記工程が、前記発せられた蛍光光を単一のカメラで集光し、前記発せられた蛍光光エネルギーをセンサ上に結像させることを特徴とする C 1 ~ C 3 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 5 8 】

C 5 : 板ガラスを供給する前記工程が、ダウンドロー法を用いて前記板ガラスを延伸することを含み、前記板ガラスが、連続的に移動する帯状ガラスであることを特徴とする C 1 ~ C 4 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 5 9 】

C 6 : 前記光のビームで、該光のビームの伝搬方向に対して前記板ガラスの背後にある第 2 の面を照らす工程を更に備え、該第 2 の面が蛍光を発するものであることを特徴とする C 1 ~ C 5 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 6 0 】

C 7 : 前記光のビームで、該光のビームの伝搬方向に対して前記板ガラスの背後にある第 2 の面を照らす工程を更に備え、該第 2 の面が前記ビームを散乱させるものであり、該散乱光の重心が決定されることを特徴とする C 1 ~ C 5 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 6 1 】

C 8 : 前記板ガラスの温度が約 1 0 0 以上であることを特徴とする C 1 ~ C 7 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 6 2 】

C 9 : 前記板ガラスが該板ガラスの厚さにわたって配分されたスズを含むことを特徴とする C 1 ~ C 8 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 6 3 】

C 1 0 : 前記内部の複数の部分が照射され、複数のエネルギー重心の複数の位置が決定されることを特徴とする C 1 ~ C 9 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 6 4 】

C 1 1 : 前記内部の前記複数の部分が順次照射されることを特徴とする C 1 0 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

C 1 2 : 前記内部の前記複数の部分が同時に照射されることを特徴とする C 1 0 に記載の方法。

【 0 0 6 6 】

C 1 3 : 板ガラスの形状を判定する方法であって、

- a) 板ガラスを供給する工程と、
- b) 前記板ガラス上の所定の位置に、該板ガラスの内部に蛍光光エネルギーを発生させるよう選択された波長を有する光のビームを向かわせる工程と、
- c) 前記内部によって発生された蛍光光エネルギーを撮像する工程と、
- e) 前記蛍光を発生する内部のエネルギー重心の位置を決定する工程と、
- f) 前記工程 b) ~ e) を前記板ガラス上の複数の位置に対して繰り返し、複数のエネルギー重心位置を取得する工程と、
- g) 前記複数のエネルギー重心位置から前記板ガラスの形状を判定する工程とを備えることを特徴とする方法。

10

【 0 0 6 7 】

C 1 4 : 前記光のビームがレーザービームであることを特徴とする C 1 3 に記載の方法。

【 0 0 6 8 】

C 1 5 : 前記光のビームが UV 光であることを特徴とする C 1 3 又は C 1 4 に記載の方法。

【 0 0 6 9 】

C 1 6 : 前記工程 a) が、ダウンドロー法を用いて前記板ガラスを延伸することを含み、前記板ガラスが、連続的に移動する帯状ガラスであることを特徴とする C 1 3 ~ C 1 5 のいずれかに記載の方法。

20

【 0 0 7 0 】

C 1 7 : 前記板ガラスの温度が約 1 0 0 以上であることを特徴とする C 1 3 ~ C 1 6 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 7 1 】

C 1 8 : 前記ガラスが、該ガラスの厚さにわたって配分されたスズを含むことを特徴とする C 1 3 ~ C 1 7 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 7 2 】

C 1 9 : 板ガラスの形状を判定するシステムにおいて、

レーザービームを所定の角度で所定の投影ベクトルに沿って板ガラスに向かわせるよう構成されたレーザーであって、前記レーザービームが、該レーザービームが伝搬する前記板ガラスの内部に蛍光発光を生じさせて蛍光光エネルギーを発生させるのに十分な選択された波長を有し、前記蛍光発光する内部がエネルギー重心を含む、レーザーと、

前記蛍光光エネルギーを受け取り、該蛍光光エネルギーをセンサ上に結像させるよう構成された画像取込装置であって、前記センサが、該センサ上に結像された前記蛍光光エネルギーの位置に基づく位置信号を生成する、画像取込装置と、

前記画像取込装置から前記位置信号を受け取る工程と、前記画像取込装置と前記エネルギー重心との間の受光ベクトルを決定する工程と、前記投影ベクトル及び前記受光ベクトルに基づき、前記板ガラスの前記蛍光発光する内部における前記エネルギー重心の位置を決定する工程とを実行するよう構成されたプロセッサと

30

40

を備えることを特徴とするシステム。

【 0 0 7 3 】

C 2 0 : 前記画像取込装置が単一の画像取込装置であることを特徴とする C 1 9 に記載のシステム。

【 0 0 7 4 】

C 2 1 : 前記板ガラスの前記内部の複数の部分が蛍光発光することを特徴とする C 1 9 又は C 2 0 に記載のシステム。

【 0 0 7 5 】

50

C 2 2 : 前記内部の前記複数の部分が同時に蛍光発光することを特徴とするC 2 1に記載のシステム。

【 0 0 7 6 】

C 2 3 : 物品の形状を判定する方法であって、

材料シートを供給する工程と、

前記シートの内部を、該シートの内部に蛍光光エネルギーを発生させるよう選択された波長を有する光のビームで照射する工程と、

前記蛍光を発する内部のエネルギー重心の位置を決定する工程と

を備えることを特徴とする方法。

【 0 0 7 7 】

10

C 2 4 : 前記発生された蛍光光エネルギーを撮像システムで検出する工程を更に備えることを特徴とするC 2 3に記載の方法。

【 0 0 7 8 】

C 2 5 : 前記内部の複数の部分を照射し、複数のエネルギー重心の位置を決定する工程を更に備えることを特徴とするC 2 3又はC 2 4に記載の方法。

【 0 0 7 9 】

C 2 6 : 前記材料シートがガラス材料から成ることを特徴とするC 2 3 ~ C 2 5のいずれか1つに記載の方法。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 0 】

20

2 0 帯状ガラス

2 4 板ガラス

2 6 システム

2 8 照明装置

3 0 画像取込装置

3 2 プロセッサ

3 4 投影ベクトル

3 6 ガラスの内部

3 7 受光ベクトル

3 8 光源

30

4 0 ビーム

4 2 光学要素

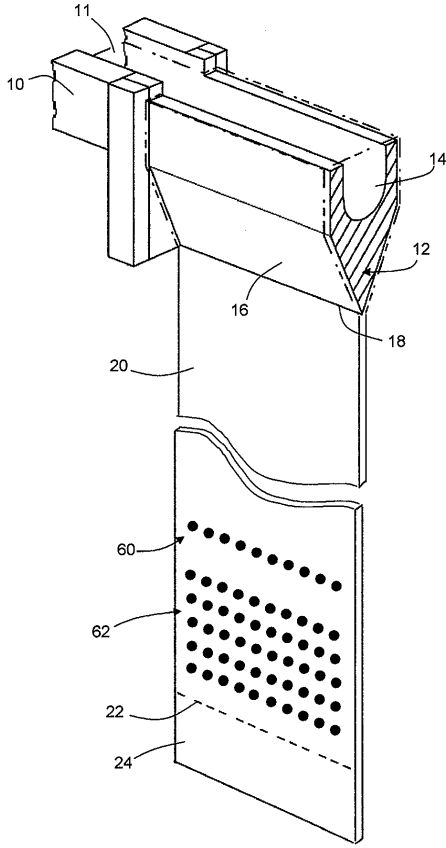
4 4 角度位置センサ

5 0 撮像カメラ

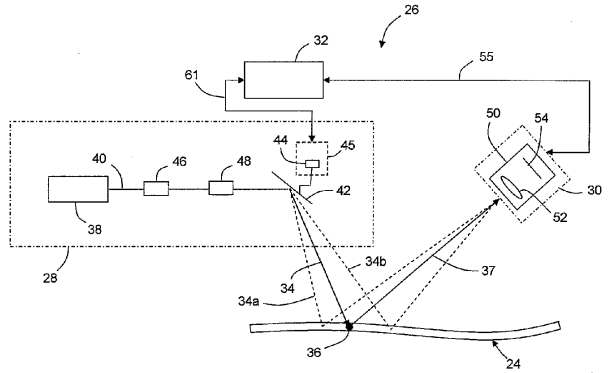
5 2 レンズ系

5 4 センサ

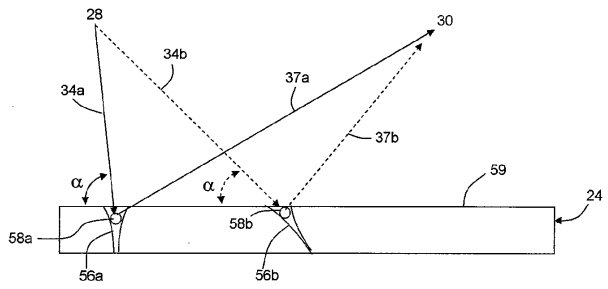
【図1】



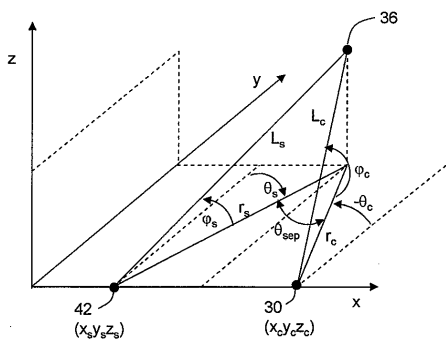
【図2】



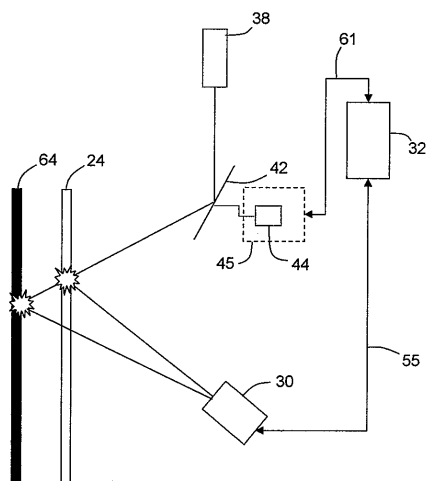
【図3】



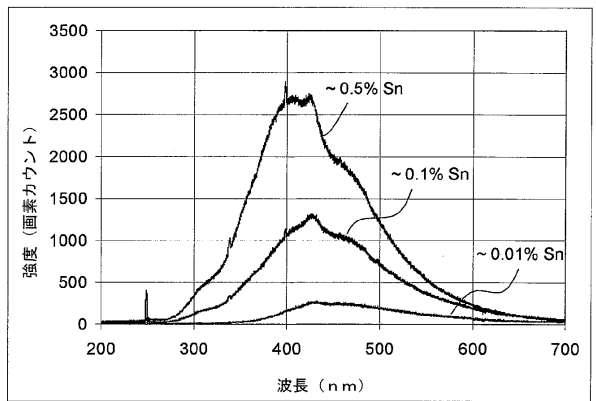
【図4】



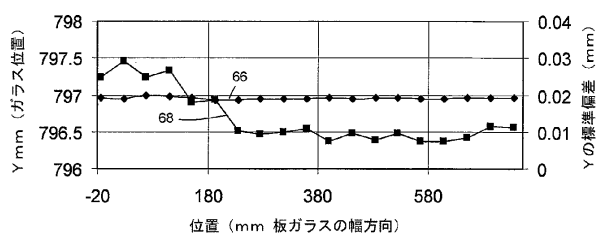
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 チョン ピュン アン
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト トール メドウ コート
1 8
- (72)発明者 フィリップ ロバート ルブラン
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング ウェスト フォース ストリート
2 9
- (72)発明者 ジェイムズ アーサー スミス
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト オーヴァーブルック ロ
ード 1 0
- (72)発明者 ジェイムズ パトリック トリス
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング モーニングスター トレイル 2 4
5 1
- (72)発明者 デイル アラン ウェップ
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング ベア ラン ロード 1 5 0 3
- (72)発明者 ピョートル ジャヌスズ ウェソロウスキ
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト ウェストン レイン 1
1 2

審査官 永田 史泰

(56)参考文献 特開平 1 1 - 1 0 8 6 1 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 1 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0

C 0 3 B 1 3 / 0 0 - 1 8 / 2 2