

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 3 部門第 1 区分

【発行日】平成 21 年 9 月 24 日 (2009.9.24)

【公開番号】特開 2009-179552 (P2009-179552A)

【公開日】平成 21 年 8 月 13 日 (2009.8.13)

【年通号数】公開・登録公報 2009-032

【出願番号】特願 2009-53738 (P2009-53738)

【国際特許分類】

C 0 3 B 25/00 (2006.01)

H 0 1 J 17/16 (2006.01)

G 0 2 F 1/1333 (2006.01)

H 0 1 J 11/02 (2006.01)

【F I】

C 0 3 B 25/00

H 0 1 J 17/16

G 0 2 F 1/1333 5 0 0

H 0 1 J 11/02 B

【手続補正書】

【提出日】平成 21 年 7 月 2 日 (2009.7.2)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

短辺が 3 0 0 mm 以上の略矩形の面形状であり、かつ板厚が 0 . 3 mm 以上、6 mm 以下、平面応力が 0 . 1 M P a ~ 5 M P a であるディスプレイ用のガラス基板の製造方法であって、

フロート法、フュージョン法、またはスリット・ダウンドロー法によりガラスリボンを連続形成し、ガラスリボンの成形後の徐冷工程におけるガラスリボンの板幅方向の温度分布を、ガラス基板の周辺部の温度を中心部に比べて低い状態に操作し、

ガラス基板内の残留歪による、板厚方向で測定したときの基板面内の偏差応力が、基板の周囲に沿って圧縮の残留応力が入るようにし、

プラズマディスプレイ用には歪点が 5 7 0 以上、液晶ディスプレイパネル用には歪点が 6 5 0 以上とするディスプレイ用のガラス基板の製造方法（但し、ガラス基板における圧縮の残留応力が 0 . 3 M P a 以下の場合を除く）。

【請求項 2】

短辺が 3 0 0 mm 以上の略矩形の面形状であり、かつ板厚が 0 . 3 mm 以上、6 mm 以下、平面応力が 0 . 1 M P a ~ 5 M P a であるディスプレイ用のガラス基板の製造方法であって、

フロート法、フュージョン法、またはスリット・ダウンドロー法によりガラスリボンを連続形成し、ガラスリボンの成形後の徐冷工程におけるガラスリボンの板幅方向の温度分布を、ガラス基板の周辺部の温度を中心部に比べて高い状態に操作し、

ガラス基板内の残留歪による、板厚方向で測定したときの基板面内の偏差応力が、基板の周囲に沿って引張の残留応力が入るようにし、

プラズマディスプレイ用には歪点が 5 7 0 以上、液晶ディスプレイパネル用には歪点が 6 5 0 以上とするディスプレイ用のガラス基板の製造方法（但し、ガラス基板におけ

る引張の残留応力が  $0.3 \text{ MPa}$  以下の場合を除く)。

【請求項 3】

横ゼーマンレーザー光を照射し、直交する直線偏光波の位相差を検出することにより、複屈折の光路差と主軸方位を測定する装置を用いてガラス基板の残留応力を測定する、請求項 1 に記載のディスプレイ用のガラス基板の製造方法。

【請求項 4】

横ゼーマンレーザー光を照射し、直交する直線偏光波の位相差を検出することにより、複屈折の光路差と主軸方位を測定する装置を用いてガラス基板の残留応力を測定する、請求項 2 に記載のディスプレイ用のガラス基板の製造方法。

【請求項 5】

ガラス基板成形後に再熱処理を施す請求項 1 または 3 に記載のディスプレイ用のガラス基板の製造方法。

【請求項 6】

ガラス基板成形後に再熱処理を施す請求項 2 または 4 に記載のディスプレイ用のガラス基板の製造方法。

【請求項 7】

成形後に熱収縮率を所定の値に制御する目的で、徐冷処理が施される請求項 1、2、3 または 4 に記載のディスプレイ用のガラス基板の製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 または 3 に記載のディスプレイ用のガラス基板の製造方法によって製造したガラス基板を用いるフラットパネルディスプレイの製造方法であって、ガラス基板の歪点がフラットパネルディスプレイの製造工程での熱処理温度よりも高いフラットパネルディスプレイの製造方法。

【請求項 9】

請求項 2 または 4 に記載のディスプレイ用のガラス基板の製造方法によって製造したガラス基板を用いるフラットパネルディスプレイの製造方法であって、ガラス基板の歪点がフラットパネルディスプレイの製造工程での熱処理温度よりも高いフラットパネルディスプレイの製造方法。

【請求項 10】

請求項 1、2、3 または 4 に記載のディスプレイ用のガラス基板の製造方法によって製造したガラス基板を用いるフラットパネルディスプレイの製造方法であって、ディスプレイが液晶ディスプレイであり、製造したガラス基板の歪点より、液晶ディスプレイの製造工程での熱処理温度が高いフラットパネルディスプレイの製造方法。

【請求項 11】

請求項 8、9 または 10 に記載のフラットパネルディスプレイの製造方法において、ディスプレイ用のガラス基板がマルチ取りされるフラットパネルディスプレイの製造方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】ディスプレイ用のガラス基板の製造方法およびフラットパネルディスプレイの製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、ディスプレイ用のガラス基板に関し、特に、液晶ディスプレイ (TFT-LCD、STN-LCD)、プラズマディスプレイ (PDP)、プラズマアシスト液晶ディスプレイ (PALC)、エレクトロ・ルミネッセンス・ディスプレイ (EL)、フィールド・エミッション・ディスプレイ (FED) 等のフラットパネルディスプレイ (平坦なデ

ィスプレイの総称)用のガラス基板の製造方法およびフラットパネルディスプレイの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

フラットパネルディスプレイでは通常2枚のガラス基板が使用されており、これら2枚のガラス基板の間に発光機構や光透過制御機構が形成される。ガラス基板として使用されるガラスは、代表的なものとして、TFT液晶ディスプレイでは無アルカリホウケイ酸系ガラス(たとえば、旭硝子(株)製[商品名:AN635、AN100等])等、STN液晶ディスプレイではソーダライムガラス(たとえば、旭硝子(株)製[商品名:AS])等、プラズマディスプレイでは高歪点ガラス(たとえば、旭硝子(株)製[商品名:PD200])等が用いられている。

【0003】

これらのガラス基板は、フロート法、フュージョン法、スリットダウンドロー法等の方法で製造されている。これらの製造方法によって一定の厚さに成形されたガラスリボン、所定寸法の面形状に切り出され、ガラス基板として供給される。また、一部のガラス基板では、成形後に熱収縮率(コンパクション)を所定の値に制御する目的で、徐冷処理(アニール処理)が施される。

【0004】

上記ガラス基板を用いたフラットパネルディスプレイの製造にあたっては、目的に応じて、洗浄、成膜、パターン形成、熱処理、検査等、様々な工程を経る。ガラス基板は工程間を順次搬送されて、ディスプレイの製造が行われる。

【0005】

ガラス基板は、通常、カセットに収納され、垂直または水平な状態で保管されている。水平の場合には、一般的に、2辺または3辺が支持された状態で保管される。また、製造工程では、ガラス基板は、アームによりカセットへの出し入れが行われ、多くの工程でアームによる搬送が行われている。アームは、基板の両側辺またはノおよび下辺を点接触、線接触または面接触で保持することが多い。

【0006】

製造工程中には数百の加熱処理を含むものが数多くある。ガラス基板全面を均一に加熱するためには、一般的にホットプレートが用いられている。ホットプレートは、用途に応じて、金属製やセラミックス製の表面加熱板に加え、真空吸着機構を有しているものや、両面から挟み込むタイプのもの等、様々な形状や機能を有するものが利用されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ガラス基板の保管時や搬送時には、支持方法により、ガラス基板にたわみが発生する。近年、ディスプレイパネルの大型化と軽量化の要請から、大面積で板厚の薄いガラス基板が使用されてきており、従来より大きなたわみが発生しやすくなっている。たわみの発生は、ガラス基板の振動やガラス基板と他の物との衝突の原因となり、ガラス基板の割れやガラス基板に形成されたパターンの損傷等の問題を引き起こす。

【0008】

ガラス基板のたわみ対策として、ガラス基板製造メーカーは板厚の均質化や低密度組成のガラスの開発、縦弾性率の高い組成のガラスの開発を進めている。また、ディスプレイ製造装置のメーカーでは、ピン支持位置の最適化やガラス基板搬送速度の調整等が行われている。しかし、ガラスの物性値と形状で規定されるたわみ量を、さらに減少させようとする試みはこれまでに行われていなかった。

【0009】

ガラス基板のたわみの問題と類似の現象として、ガラス基板の熱反りの問題がある。これは、ガラス基板をホットプレート等で加熱する際に、ガラス基板中央部の温度が周辺部の温度より高くなり、ガラス基板中央部がより大きく膨張する結果、ガラス基板の周囲部

分がホットプレートから浮き上がる現象である。

【 0 0 1 0 】

ガラス基板の上記熱反りは、以下の原因で発生すると考えられる。まず、ガラス基板のホットプレートに接触した面（水平置きの場合、下面）が加熱され、接触面（下面）と非接触面（上面）との間で板厚方向の温度差が発生する。その結果、接触面の方が熱膨張量が多くなり、下に凸の形状に変形する。一旦、上記の変形が起こると、ガラス基板の中央部のみがホットプレート表面と接触した状態となり、ガラス基板面内で、中央部で温度が高く周辺部で温度が低い温度分布となる。中央部がより大きく膨張し、ガラス基板とホットプレートの接触も中央部分のみとなるため、ガラス基板の形状は、熱により反った形で安定化する。

【 0 0 1 1 】

ガラス基板の熱反りには、ガラスの密度、縦弾性率に加えて、熱膨張率や熱伝導率等の値が影響する。これらの値はガラス組成で定まる物性値である。ガラスの熱膨張率や熱伝導率は、同一用途に用いられる基板間では大きな差はなく、ほぼ一定の値となっている。

【 0 0 1 2 】

ガラス基板の熱反りに対しては、ディスプレイ製造装置のメーカーでは、ホットプレートの温度分布の均質化や、ガラス基板の予備加熱、ガラス基板のホットプレートへの機械的な押付けを行う等といった対策を行っている。しかし、ガラス基板自体を熱反りにくくするという試みは行われていなかった。

【 0 0 1 3 】

ガラス基板は、熱反りを起こすと、目的とする熱処理工程に影響を及ぼすほか、機械的な押付けによる割れの問題等を発生する。また、その後の搬送工程における反りを増大させ、基板の振動や割れの確率を増加させる。

【 0 0 1 4 】

以上に説明したように、ガラス基板のたわみや熱反りは、フラットパネルディスプレイの製造工程では割れ等の不具合を発生させる問題となる。近年、フラットパネルディスプレイの大型化、軽量化が進んでおり、ガラス基板もそれに対応して、大面積化、薄板化される傾向にある。大面積化、薄板化されたガラス基板、たとえば、いずれの辺も300mm以上の略矩形のガラス基板では、たわみや熱反りは、より大きくなり、ガラス基板の取り扱いを困難とする問題となっていた。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

本願の第1の発明は、短辺が300mm以上の略矩形の面形状であり、かつ板厚が0.3mm以上、6mm以下、平面応力が0.1MPa～5MPaであるディスプレイ用のガラス基板の製造方法であって、

フロート法、フュージョン法、またはスリット・ダウンドロー法によりガラスリボンを連続形成し、ガラスリボンの成形後の徐冷工程におけるガラスリボンの板幅方向の温度分布を、ガラス基板の周辺部の温度を中心部に比べて低い状態に操作し、

ガラス基板内の残留歪による、板厚方向で測定したときの基板面内の偏差応力が、基板の周囲に沿って圧縮の残留応力が入るようにし、

プラズマディスプレイ用には歪点が570以上、液晶ディスプレイパネル用には歪点が650以上とするディスプレイ用のガラス基板の製造方法（但し、ガラス基板における圧縮の残留応力が0.3MPa以下の場合を除く）を提供する。

また、本願の第2の発明は、短辺が300mm以上の略矩形の面形状であり、かつ板厚が0.3mm以上、6mm以下、平面応力が0.1MPa～5MPaであるディスプレイ用のガラス基板の製造方法であって、

フロート法、フュージョン法、またはスリット・ダウンドロー法によりガラスリボンを連続形成し、ガラスリボンの成形後の徐冷工程におけるガラスリボンの板幅方向の温度分布を、ガラス基板の周辺部の温度を中心部に比べて高い状態に操作し、

ガラス基板内の残留歪による、板厚方向で測定したときの基板面内の偏差応力が、基板

の周囲に沿って引張の残留応力が入るようにし、

プラズマディスプレイ用には歪点が570 以上、液晶ディスプレイパネル用には歪点が650 以上とするディスプレイ用のガラス基板の製造方法（但し、ガラス基板における引張の残留応力が0.3MPa以下の場合を除く）を提供する。

また、上記のディスプレイ用のガラス基板の製造方法によって製造したガラス基板の歪点がフラットパネルディスプレイの製造工程での熱処理温度よりも高いフラットパネルディスプレイの製造方法を提供する。

また、上記のディスプレイ用のガラス基板の製造方法によって製造したガラス基板を用いるフラットパネルディスプレイの製造方法であって、ディスプレイが液晶ディスプレイであり、製造したガラス基板の歪点より、液晶ディスプレイの製造工程での熱処理温度が高いフラットパネルディスプレイの製造方法を提供する。

本発明により、引張または圧縮の残留応力を持つフラットパネルディスプレイ用のガラス基板を製造することができる。

【0016】

本発明において、基板の周囲に沿って圧縮方向の応力が分布したガラス基板では、たわみや熱反りが発生した場合に、これを打ち消す方向の応力が作用しているため、ディスプレイ用のガラス基板、特に、大型化、薄板化されたガラス基板として望ましい。

【0017】

なお、本発明のガラス基板は実質的に略矩形のものであり、周辺部の隅を切り落とした（コーナーカットした）ガラス基板をも含む。また、「各辺の近傍で辺と平行方向での偏差圧縮応力の最大値が0.3MPa以上」とは、ガラス基板の四辺のいずれの辺においても、辺の近傍で辺と平行方向での偏差圧縮応力の最大値が0.3MPa以上であることをいう。

【0018】

また、本発明は、歪点が570 以上であり、プラズマディスプレイパネルに用いられるディスプレイ用ガラス基板を提供する。プラズマディスプレイパネルの製造プロセスにおけるガラス基板の熱処理温度は550 付近まで達することが多いが、ガラス基板の歪点が、プラズマディスプレイの製造プロセスにおける熱処理温度より高ければ残留歪が緩和されにくい。

【0019】

また、本発明は、歪点が650 以上であり、液晶ディスプレイパネルに用いられるディスプレイ用ガラス基板を提供する。液晶ディスプレイの製造プロセスにおけるガラス基板の熱処理温度は630 付近まで達することが多いが、ガラス基板の歪点が、液晶ディスプレイの製造プロセスにおける熱処理温度より高ければ残留歪が緩和されにくい。

【0020】

なお、以上に述べたディスプレイ用ガラス基板とは、プラズマディスプレイパネル、液晶ディスプレイパネル等に用いられる素板のことを指し、該素板のサイズのままでプラズマディスプレイパネルに使用されることもあり、また、該素板一枚から複数の液晶ディスプレイ用のガラス基板がマルチ取りされることもある。また、「基板面」とは、板状部材であるガラス基板の表裏面である平面を指し、「基板面内」とは、ガラス基板の板厚方向を含まない。

【発明の効果】

【0021】

本発明により、フラットパネルディスプレイに用いられるディスプレイ用基板の製造方法およびフラットパネルディスプレイの製造方法を提供する。そのうち、第1の発明においては、ガラス基板のたわみや熱反りを低減できる。本発明のガラス基板により、フラットパネルディスプレイの搬送や製造工程中での、割れ等のトラブルを抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】ガラスリボンの板幅方向の温度分布図、ガラスリボンから切り出したガラス基板

の応力状態図、およびガラス基板の切断による変形を説明する模式図であって、(a)は、切り出す前のガラスリボンの板幅方向の温度分布を、(b)は、(a)のガラスリボンから切り出したガラス基板の応力分布を、(c)は、(b)のガラス基板の切断による変形を、(d)は、切り出す前のガラスリボンの板幅方向の温度分布を、(e)は、(d)のガラスリボンから切り出したガラス基板の応力分布を、(f)は、(e)のガラス基板の切断による変形を、それぞれ示す。

【図2】周囲が圧縮応力であるガラス基板の偏差応力測定例を示す図である。

【図3】周囲が圧縮応力であるガラス基板の偏差応力測定例を示す図である。

【図4】周囲が圧縮応力であるガラス基板の偏差応力測定例を示す図である。

【図5】応力分布が極めて少ないガラス基板の偏差応力測定例を示す図である。

【図6】周囲が引張応力であるガラス基板の偏差応力測定例を示す図である。

【図7】ホットプレート上での熱反り測定結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明において、ガラス基板中の歪および応力は以下に述べる方法で測定される。ガラス基板中の歪は光学的な複屈折の測定、すなわち直交する直線偏光波の光路差の測定で見積ることができる。光路差を $R$  (nm)として、歪により発生する偏差応力 $F$  (MPa)は、

$$F = R / CL$$

として表される。ここで $L$ は偏光波が通過した距離 (cm)であり、 $C$ はガラスによって決まる比例定数で光弾性定数と呼ばれ、通常 $20 \sim 40$  (nm/cm)/(MPa)の値となる。

【0024】

ガラスに歪がないとき、すなわち応力がない、または等方的な応力がかかっているときは、2つの直交する直線偏光波は同一速度でガラス内を通過する。ガラス面内に歪があると、圧縮応力方向では偏光波が速く通過し、引張応力方向では偏光波はゆっくり通過する。すなわち、2つの直交する直線偏光波に光路差が発生する。基板面に垂直に光路をとり、光路差が最大となる方位とその大きさを測定することで、ガラス基板中の歪の方向と大きさを測定できる。この歪の大きさを偏差応力とする。

【0025】

偏差応力 $F$ は、偏光波の光路差から測定される応力値で、平面応力の異方性(すなわち、二つの主応力の差)を表す指標となる。偏差応力 $F$ は、ガラス基板内で偏光が通過した距離の平均値であり、光路と垂直な面内で直交する任意の2軸において、応力差が最大となる方向とその応力差として求められる。ガラス基板面内のある方向(たとえば $X$ 方向)に圧縮応力が残留している場合と、それと垂直な方向( $Y$ 方向)に同じ大きさの引張応力が残留している場合では、偏差応力の測定は同一の結果となる。また、直交する2軸方向( $X$ 方向と $Y$ 方向)に同じ量の圧縮または引張応力が残留していると、偏差応力はゼロとなる。

【0026】

直線偏光波を利用したガラスの歪測定は、セナルモン法等が知られており、数十nmの光路差を検出できる。従来、ガラスの歪測定は、主に強化ガラス等に残留している数十MPaの応力を対象としており、セナルモン法はこのような歪測定には十分な分析精度を有していた。

【0027】

しかし、フラットパネルディスプレイ用のガラス基板に残留している平面応力は $0.1 \text{ MPa} \sim 5 \text{ MPa}$ の大きさであり、従来の測定方法では十分に検出できない。そこで、本発明者らは、歪の検出装置としてユニオプト社製ABR-10A複屈折測定器を使用した。ABR-10A複屈折測定器は、横ゼーマンレーザー光を照射し、直交する直線偏光波の位相差を検出することにより、複屈折の光路差と主軸方位を測定する装置である。分解能として、光路差 $0.01 \text{ nm}$ 、主軸方位 $0.1$ 度の精度を有する。

## 【 0 0 2 8 】

ガラス基板の残留歪は、ガラスリボン成形後の徐冷工程における温度分布に依存して発生する。すなわち、先に冷えた部分に圧縮応力が形成され、後から冷えた部分には引張応力が形成される。このことはガラスの物理強化または風冷強化の原理としてよく知られている。強化ガラスでは、ガラス表面を急冷することにより表面に圧縮応力層を形成している。

## 【 0 0 2 9 】

強化ガラスは、ガラスの断面方向での応力分布を利用しているが、ガラスには平面応力の分布も存在している。本発明者らは、ガラス基板の平面応力の分布が、ガラス基板のたわみ防止および熱反り防止等に寄与することを見出し、歪により残留する応力を基板の周囲に沿って圧縮方向で分布させることにより、たわみや熱反りを抑制した基板を提供することを可能とした。

## 【 0 0 3 0 】

ガラス基板の平面応力の分布は、ガラスリボン成形後の冷却時の温度分布によって発生する。一般にフラットパネルディスプレイ用のガラス基板は、フロート法、フュージョン法、スリット・ダウンドロー法等の製造方法により、連続的に製造されている。したがって、冷却時のガラス基板の温度分布は、製造時のガラスリボンの流れと垂直な板幅方向の温度分布によって支配される。

## 【 0 0 3 1 】

図 1 に、ガラスリボン成形後の徐冷工程におけるガラスリボンの板幅方向の温度分布、ガラスリボンから切り出したガラス基板 1 の応力分布、およびガラス基板の切断による変形を模式的に示す。ガラス基板 1 の周辺部の温度が中心部に比べ低いとき、すなわち図中 ( a ) の状態のときは周辺部に圧縮の残留応力が入り、ガラスリボンから切り出したガラス基板 1 で図中 ( b ) の平面応力状態となり、ガラス基板 1 の周辺部の温度が中心部に比べ高いとき、すなわち図中 ( d ) の状態のときは周辺部に引張の残留応力が入り、ガラスリボンから切り出したガラス基板 1 で図中 ( e ) の平面応力状態となる。なお、図中の矢印 2 は残留応力の方向を示す。

## 【 0 0 3 2 】

ガラスリボンの流れ方向に応力分布があるときは、ガラスリボンからガラス基板寸法に切断した後に、板幅方向にも応力分布を生じる。以下、この現象について説明する。図 1 の ( b ) や ( e ) に示される応力状態の、ガラスリボンから切り出したガラス基板 1 を、ガラスリボンの流れと平行方向に切断して 2 分割した場合を考える。ガラスリボンから切り出されたガラス基板 1 は応力を緩和するため扇形に変形し、( b ) のガラスリボンから切り出されたガラス基板 1 は ( c ) の状態に、( e ) のガラスリボンから切り出されたガラス基板 1 は ( f ) の状態となる。

## 【 0 0 3 3 】

ここで ( c ) や ( f ) の扇形のガラス基板を、再び元の一枚のガラス基板として矩形の形状に貼り合せた場合を想定する。この場合、扇形に変形した形状を元の矩形の形状へと矯正するため、切断線方向のみならず基板面内で切断線と垂直の方向にも応力が発生する。すなわち、矩形のガラス基板の一辺の近傍に圧縮や引張りの残留応力が存在するときは、応力のバランスから、該辺に垂直な辺の近傍にも圧縮や引張りの残留応力 ( すなわち共役応力 ) が発生する。以上の結果として、ガラス基板に生じる平面残留応力は、各辺と平行方向に分布することとなる。

## 【 0 0 3 4 】

本発明者らは、ガラスリボン 1 の板幅方向の温度分布とガラス基板の残留応力との関係を検証し、上記温度分布を図 1 の ( a ) の状態に操作することにより、応力分布が図 1 の ( b ) の状態、すなわち基板寸法に切断した後には、各辺と平行方向に圧縮の応力が分布している基板を製造した。

## 【 0 0 3 5 】

同様に、ガラス基板の残留応力を制御するためには、ガラス基板成形後に再熱処理を施

すことも有効である。再熱処理を施す場合には、基板の変形や傷の発生に十分に注意しつつ、ガラス基板を該ガラス基板の徐冷点温度付近まで加熱し、基板中央部が基板周囲部分よりも温度が高い状態を保ち、歪点温度付近までの冷却を行う。

【0036】

次に、ガラスの歪点について説明する。歪点とは、一般に定義されるように、直径0.65mm、長さ460mmのガラスファイバに1kgの荷重をかけ、4/minで冷却したとき、伸びが0.0043mm/minになったときの温度をいい、粘度は約 $10^{14.5}$  dPa・s ( $10^{13.5}$  Pa・s)である。

【0037】

本発明において、プラズマディスプレイ用ガラス基板の場合、歪点が570以上のガラス基板であることが好ましく、歪点が590以上のガラス基板であることがより好ましい。通常、プラズマディスプレイの製造プロセスでは、550～580の熱処理が施される。ガラス基板が歪点を超える温度に長時間保持されると、残留歪は徐々に緩和される。その結果、基板内に残留する応力がたわみや熱反りを低減する効果が、それ以降のプロセスでは作用し得なくなる。したがって、ガラス基板の歪点はディスプレイの製造工程での熱処理温度より高いことが好ましい。

【0038】

プラズマディスプレイの製造工程での熱処理温度がガラス基板の歪点より高い場合には、少なくとも該当する熱処理の工程までは、残留応力によりたわみや熱反りを低減する効果が期待できる。特に熱反りは、加熱工程の初期において発生するため、歪点より高い温度の熱処理工程においても残留応力による熱反り低減効果が現れる。

【0039】

本発明において、液晶ディスプレイ用ガラス基板、特にポリシリコンタイプの液晶ディスプレイ用ガラス基板の場合、歪点が650以上のガラス基板であることが好ましく、歪点が665以上のガラス基板であることがより好ましい。通常、ポリシリコンタイプの液晶ディスプレイの製造プロセスでは、500～650の熱処理が施される。熱処理温度が歪点を超えると残留応力の効果がなくなるのは前述のとおりであるが、一般的に、液晶ディスプレイでは0.7mm以下の薄い基板が用いられるため、熱処理による歪の緩和がより早く進行する。したがって、熱処理温度よりも歪点が100以上高いことが好ましい。

【0040】

液晶ディスプレイの製造工程での熱処理温度がガラス基板の歪点より高い場合にも、少なくとも該当する熱処理の工程までは、残留応力によりたわみや熱反りを低減する効果が期待できる。

【0041】

次に、光学的に測定される残留応力について説明する。前記の、光学的に測定される残留応力は、正確には偏差応力である。すなわち、光軸と垂直な面内において直交する2つの方向の応力差を測定している。ガラス基板の周辺部では、基板が辺において切れているため、辺に垂直な方向での応力は作用せず、辺に平行な方向でのみ歪による応力が残留する。したがって、辺近傍での偏差応力は残留応力とほぼ等しいものになる。一方、基板中央部での偏差応力は面内のあらゆる方向から歪による応力が加わり、直交する方向で相対的に打ち消されるため、真の残留応力より小さい値が測定される。

【0042】

本発明においては、ディスプレイ用ガラス基板の平面応力を制御して形成する。その第1の発明におけるガラス基板は、基板面内において、基板の周囲に沿った方向で圧縮応力が分布している。基板の周辺部では、測定される偏差応力は、真の残留応力に近い値となる、一方、基板の中央部では、四方から引っ張られた応力分布となっているが、中央付近では、見掛け上、小さな偏差応力が観察されることになる。

【0043】

本発明者らは、基板内の残留歪による、板厚方向で測定したときの基板面内の偏差応力



が、基板の周囲に沿って圧縮方向で分布したディスプレイ用ガラス基板で、たわみや熱反りが発生しにくくなることを見い出した。

【0044】

基板面積が小さいときは、たわみや熱反りが発生しても変形量が小さいため、実質的に問題とはならない。基板寸法が、矩形では短辺が300mm以上、より顕著には短辺が500mm以上であるときは、たわみや熱反りによる変形量が大きくなるため、残留応力による変形抑制が有効となる。

【0045】

基板寸法が、矩形では短辺が300mm以上のガラス基板内の偏差応力が、基板の周囲に沿って圧縮方向で分布し、各辺の近傍で辺と平行方向での偏差圧縮応力の最大値が0.3MPa以上であると、基板のたわみや熱反りを抑制する効果が現れる。

【0046】

基板寸法が、矩形では短辺が500mm以上の基板では、たわみや熱反りで発生する内部応力がより大きくなるため、それを抑制するための周囲に沿った偏差圧縮応力の最大値は0.5MPa以上、より顕著な効果を発現するためには1MPa以上であることが好ましい。ただし、偏差圧縮応力の値が大きくなりすぎても、ガラス基板が座屈して複雑な変形を起こしたりするため、実用的ではなく、一定の上限がある。基板寸法が、矩形では短辺が3000mmを超えると、重量や基板のたわみの問題により、ガラス基板の取り扱いが困難となり実用的ではないため、残留応力でたわみや熱反りを制御をする意味はなくなる。

【0047】

ガラス基板の板厚は、ガラス基板の板厚が0.3mm未満の場合は、たわみや熱反りがより発生しやすくなるが、それを残留応力により抑制しようとしても、ガラス基板が座屈して複雑な変形を起こしたりするため、実用的ではない。ガラス基板の板厚が6mmを超えるときは、十分な板厚があるため、たわみや熱反りが起こりにくくなり、残留応力を制御する意味がなくなる。

【実施例】

【0048】

ガラス基板のたわみ量は、ガラスの密度、ガラスの縦弾性係数、ガラス基板の寸法、基板の支持方法等で決定される。本発明は、これらの要因に対して、ガラス基板中の残留応力を利用して、たわみを低減したガラス基板を提供するものである。一方、熱反りは、前記の物性に加え、ガラスの熱伝導率、比熱、熱膨張係数等が影響することになる。該熱反りも、ガラス基板中の残留応力を利用して低減することが可能である。

【0049】

本実施例において、密度 $2.50\text{ g/cm}^3$ 、縦弾性係数 $77\text{ GPa}$ 、熱伝導率 $1.0\text{ W/(m}\cdot\text{)}^\circ\text{C}$ 、比熱 $750\text{ J/(kg}\cdot\text{)}^\circ\text{C}$ 、熱膨張係数 $38\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 、光弾性定数 $30(\text{nm/cm})/(\text{MPa})$ のガラス基板を使用した。ガラス基板はフロート法により、板厚0.7mmに成形し、試験用ガラス基板として、矩形で短辺 $550\text{ mm}\times$ 長辺 $650\text{ mm}$ の寸法に切り出した。この際、短辺がガラスリボンの板幅方向、長辺がガラスリボンの流れ方向となるようにした。

【0050】

試験用ガラス基板の製造時には、徐冷工程でのヒーターの操作により、ガラスリボンの板幅方向の温度分布において、中央部と両端部との関係を様々に変化させてガラス基板を製造した。歪の残留が少ない基板を製造するときは、板幅方向の温度分布を均一にした。周囲に沿って圧縮の応力が残留した基板を製造する際には、基板中央部分の温度が両端部より高くなるように調整し、両端部から先に冷却を行った。

【0051】

偏差応力は、前記のユニオプト社製ABR-10A複屈折測定器を使用し、複屈折の光路差から換算して求めた。測定は縦横それぞれ50mm間隔で、1枚のガラス基板で計143点に対して行った。

## 【 0 0 5 2 】

応力を測定した基板は、2辺支持状態でたわみを測定した。定盤上に間隔600mmで平行に2本の支持棒を配設し、ガラス基板の550mmの辺を支持棒と平行にして2本の支持棒上にガラス基板を置いた。支持棒を平行に升降させ、たわんだ基板の中央部が定盤と接する瞬間の位置で支持棒の升降を止め、そのときの定盤面と支持棒の上端との高差を測定し、たわみ量とした。この結果を表1に「実測たわみ量」として示す。

## 【 0 0 5 3 】

次に面積600mm×700mmのホットプレートを用いて、ガラス基板の熱反り量を評価した。所定の温度に加熱したホットプレート上に室温状態のガラス基板を素早く静置し、静置5分後の基板4隅の浮き上がり量を、ホットプレート上にスケール(金尺)を垂直に立てて計測した。この測定結果である、図7に示される「浮き上がり量」については後述する。

## 【 0 0 5 4 】

## 【表1】

試料	1	2	3	4	5
応力方向	周囲圧縮	周囲圧縮	周囲圧縮	判別不能	周囲引張
光路差(nm)	2.37	2.44	1.06	0.13	1.23
最大応力(MPa)	1.12	1.14	0.50	0.06	0.57
板厚(mm)	0.695	0.704	0.697	0.692	0.705
板厚から算出した たわみ量(mm)	13.2	12.8	13.1	13.3	12.8
実測たわみ量(mm)	12.4	12.1	12.7	13.3	13.5

## 【 0 0 5 5 】

表1に、測定した基板の周辺近傍の偏差応力の方向と基板面内の最大応力、およびたわみ量を示す。試料1～3はガラスリボンの中央部の温度が周辺部に比べて高い状態で、試料4はガラスリボンの板幅方向で平坦な温度分布をしている状態で、試料5は、ガラスリボンの中央部の温度が周辺部に比べて低くなっている状態で、それぞれ冷却された。各基板の偏差応力の測定結果を図2～6に示す。

## 【 0 0 5 6 】

図2～6は、ユニオプト社製ABR-10A複屈折測定器により測定した結果で、各円の中心が測定点を示し、円の直径が偏差応力の大きさ、円の直径として描かれた線が相対的に引張応力となる方向、直径の線と紙面で垂直方向が相対的に圧縮応力となる方向を示している。図2～4は円直径の線がガラス基板中央を向いており、ガラス基板周囲が圧縮方向であることが分かる。一方、図6は円直径の線が基板周囲に沿って回っており、ガラス基板周囲が引張方向であることが分かる。

## 【 0 0 5 7 】

ガラスリボンは連続的に製造されるので、ガラスリボンの冷却時には、板幅方向のみに板幅の中央部と周辺部に温度分布が形成されており、ガラスリボンの流れ方向には上流から下流に向かって単純に降下する温度分布となっている。しかし、前述の説明のとおり、応力のバランスにより、ガラス基板の寸法に切り出された後は、ガラス基板に対し各辺と平行方向の応力分布となっている。

## 【 0 0 5 8 】

ガラス基板のたわみ量は、板厚偏差の影響を強く受ける。そこで、基板の板厚を測定し

、その影響を見積もった。表 1 の板厚は、各基板について 10 回測定した平均値である。

【 0 0 5 9 】

表 1 において、試料 1 ～ 3 は、歪による残留応力が周囲圧縮状態の基板であり、たわみ量は、板厚を補正した試料形状から計算される値よりも小さくなっている。一方、試料 5 は、歪による残留応力が周囲引張状態の基板であり、たわみ量は、板厚を補正した試料形状から計算される値よりも大きくなっている。試料 4 は、歪による残留応力が極めて小さく、たわみ量は、試料形状から計算される値と一致している。なお、「板厚から算出したたわみ量」とは、材料力学の梁とたわみの式で計算した値であり、具体的には、単純梁の等分布荷重による最大たわみ量（梁の中央位置のたわみ量）の式に諸量を代入して計算した。

【 0 0 6 0 】

室温状態のガラス基板をホットプレート上に静置し、5 分後に、ホットプレート上での熱反り量を測定した結果を図 7 に示す。図 7 の温度はホットプレートの設定温度であり、浮き上がり量はガラス基板の 4 隅を測定した平均値である。試料 1 ～ 3 の周囲圧縮状態の基板では、熱反り、すなわち浮き上がりの開始温度が高く、同一温度での浮き上がり量も小さくなっている。すなわち、周囲に沿って圧縮応力が分布しているガラス基板では、たわみ、熱反りが、ともに低減されていることがわかる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 1 】

- 1 : ガラス基板
- 2 : 残留応力の方向