



US 20090019892A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**
Fredholm et al.(10) **Pub. No.: US 2009/0019892 A1**(43) **Pub. Date: Jan. 22, 2009**(54) **PROCESS AND DEVICE FOR
MANUFACTURING FLAT SHEETS OF A
GLASS-BASED MATERIAL**(30) **Foreign Application Priority Data**

Apr. 6, 2005 (EP) 05290757.3

(75) Inventors: **Allan Mark Fredholm**, Hericy
(FR); **Claude Francois Maurice
Gille**, Bougligny (FR); **Christophe
Pierron**, Avon (FR); **Xavier Tellier**,
Cheroy (FR)**Publication Classification**(51) **Int. Cl.**
C03B 17/00 (2006.01)(52) **U.S. Cl.** **65/91**; 65/183Correspondence Address:
CORNING INCORPORATED
SP-TI-3-1
CORNING, NY 14831(73) Assignee: **CORNING INCORPORATED a
New York corporation**(21) Appl. No.: **11/918,029**(22) PCT Filed: **Mar. 10, 2006**(86) PCT No.: **PCT/US2006/008579**§ 371 (c)(1),
(2), (4) Date: **Oct. 5, 2007**(57) **ABSTRACT**

The present invention relates to a process for manufacturing flat sheets of a glass-based material and to a device associated with the process. The process comprises delivering the glass-based material (10) from a delivery system (16) to a reservoir (24) between two porous walls (12), the reservoir having a vertical length (L), a horizontal width (W) between side edges (22, 22') of the walls and including a gap (14) between the walls which varies along the vertical length of the reservoir, the material being separated from the walls by a gas film (28), drawing the glass-based material in a sheet from an outlet of the reservoir, and wherein a flow of the glass-based material delivered to the reservoir is varied across the width of the reservoir, or wherein the gap (14) varies across the horizontal width (w) of the reservoir (24).

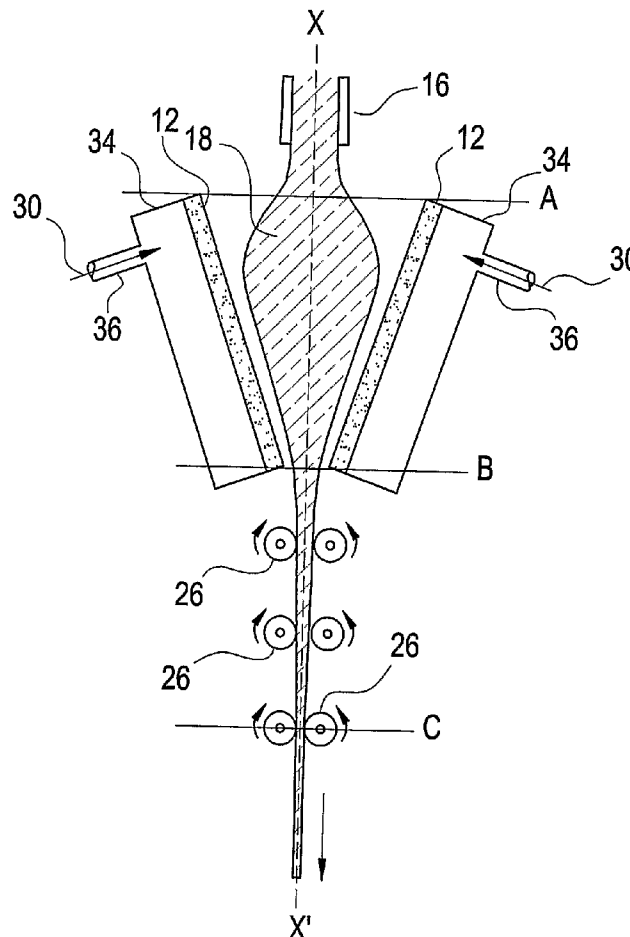


FIG. 1

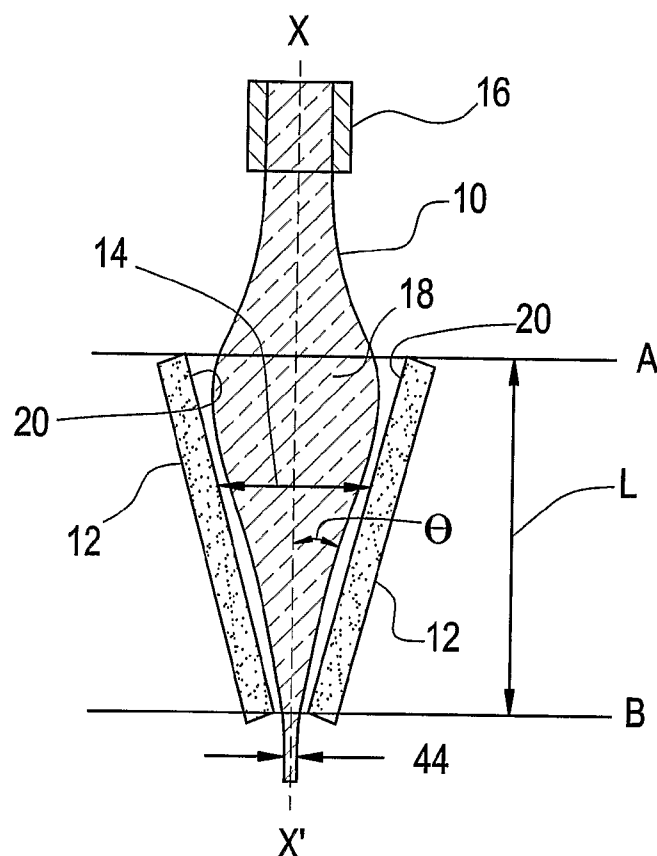


FIG. 2

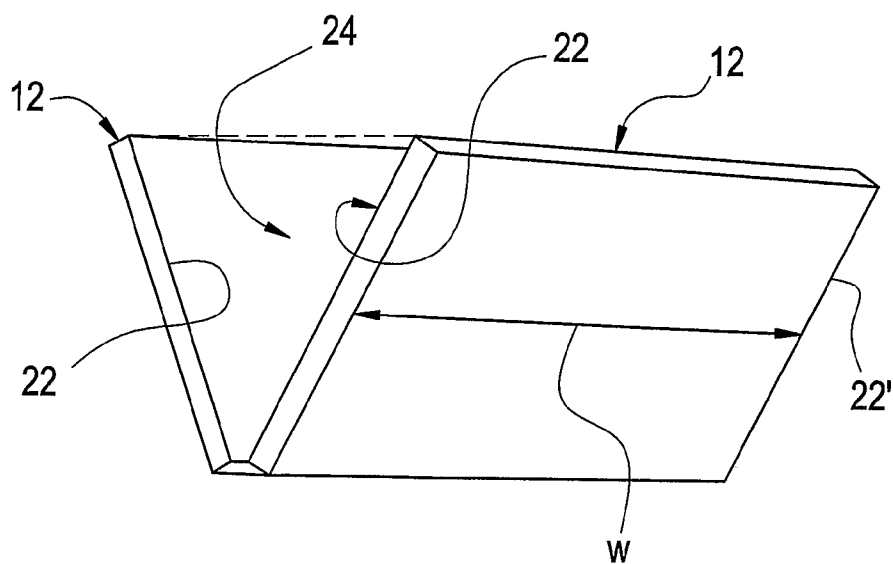


FIG. 3

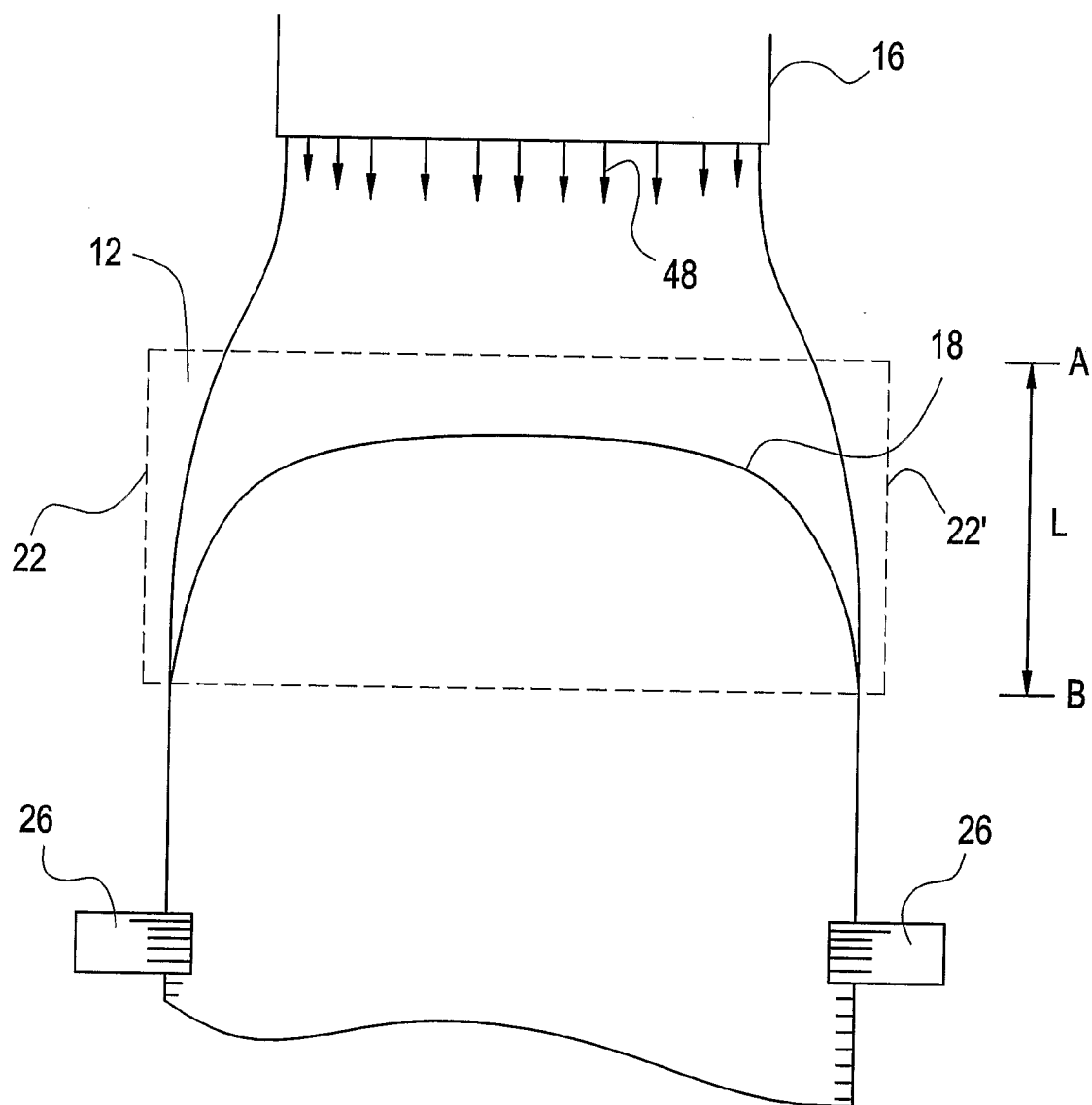


FIG. 6

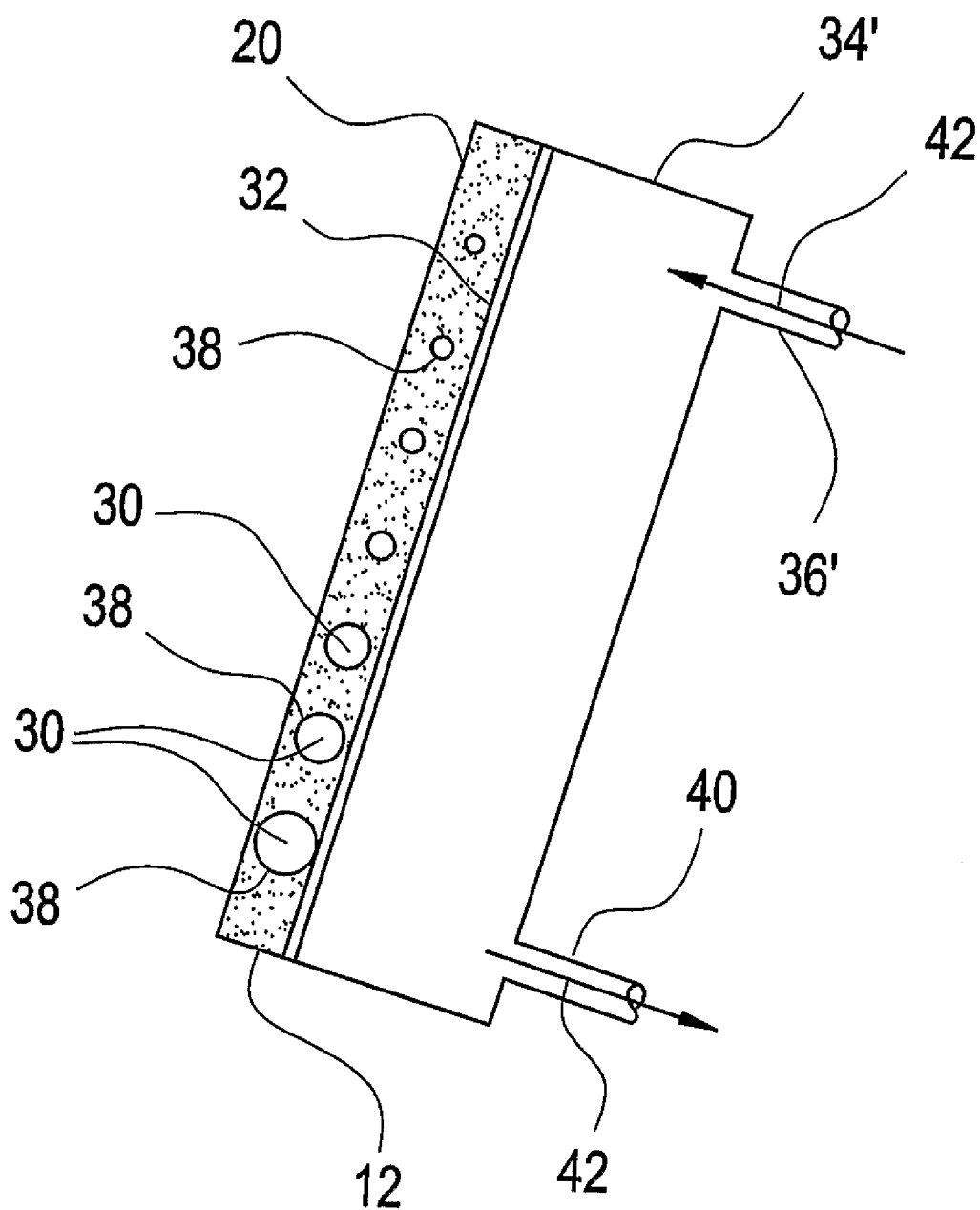


FIG. 7A

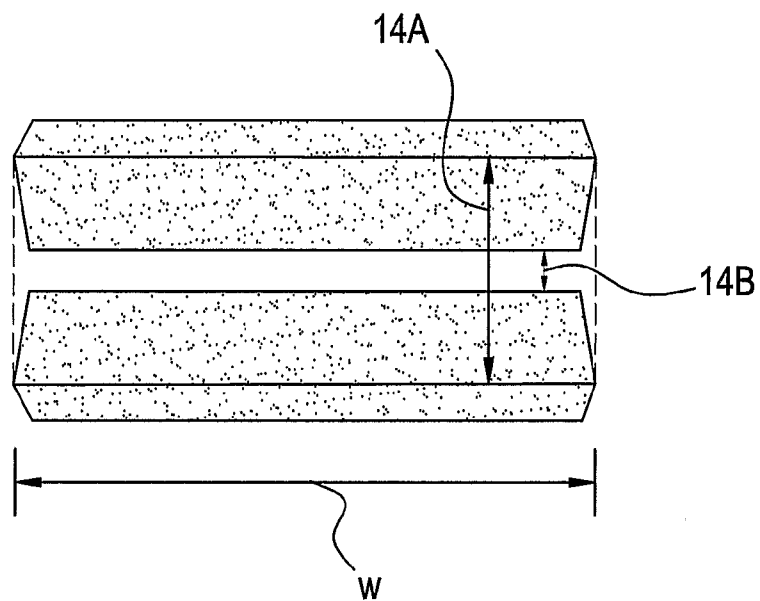


FIG. 7B

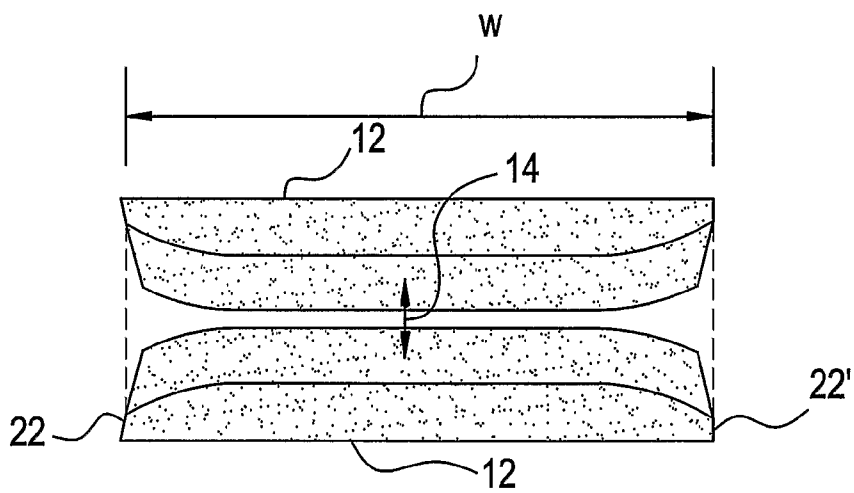


FIG. 7C

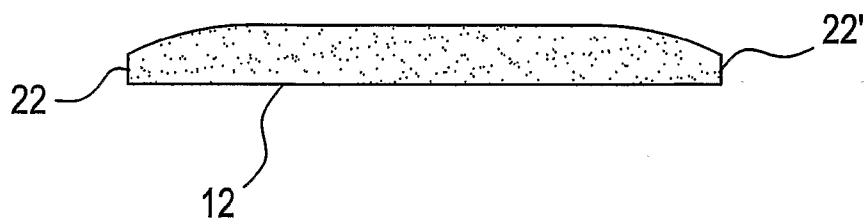


FIG. 8

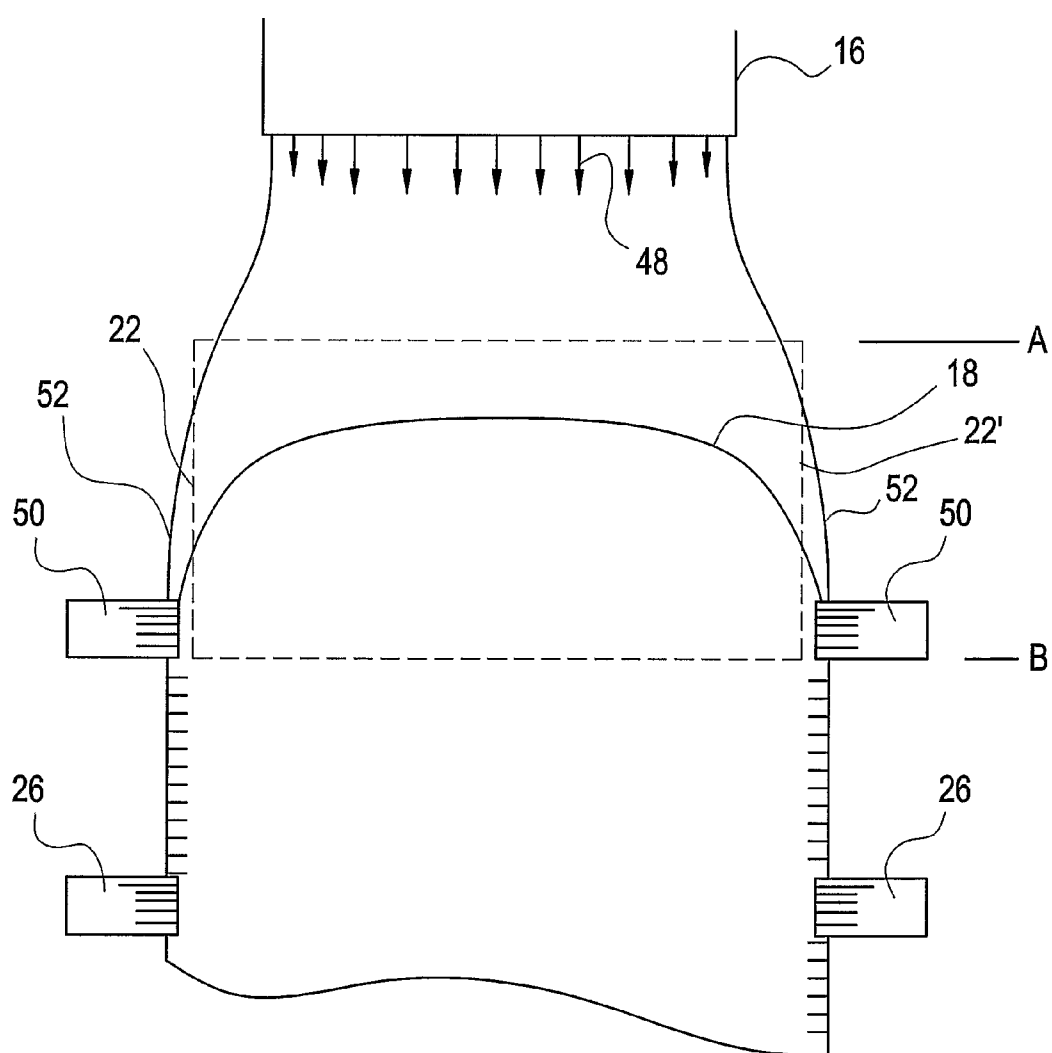


FIG. 9

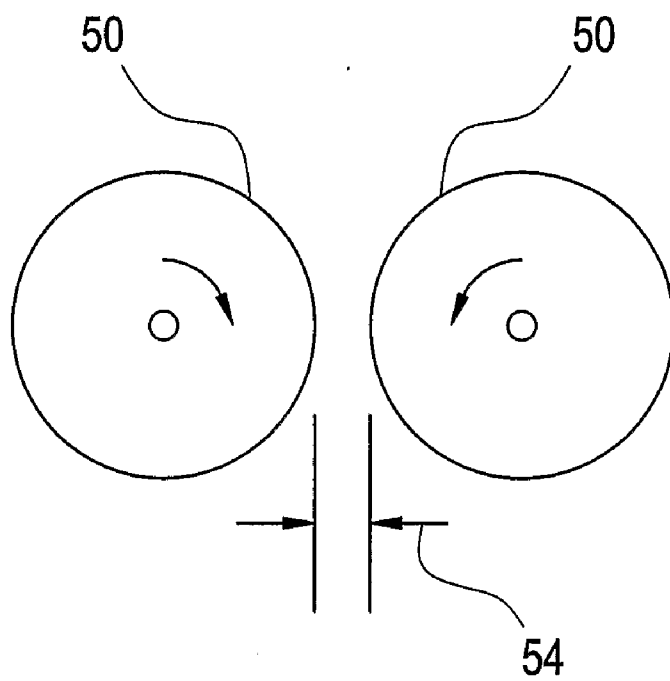


FIG. 10

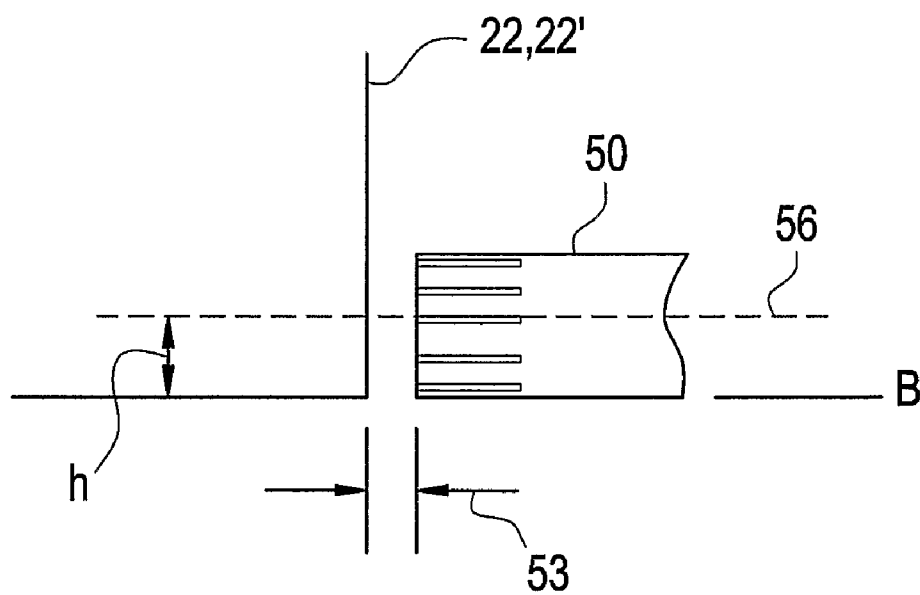
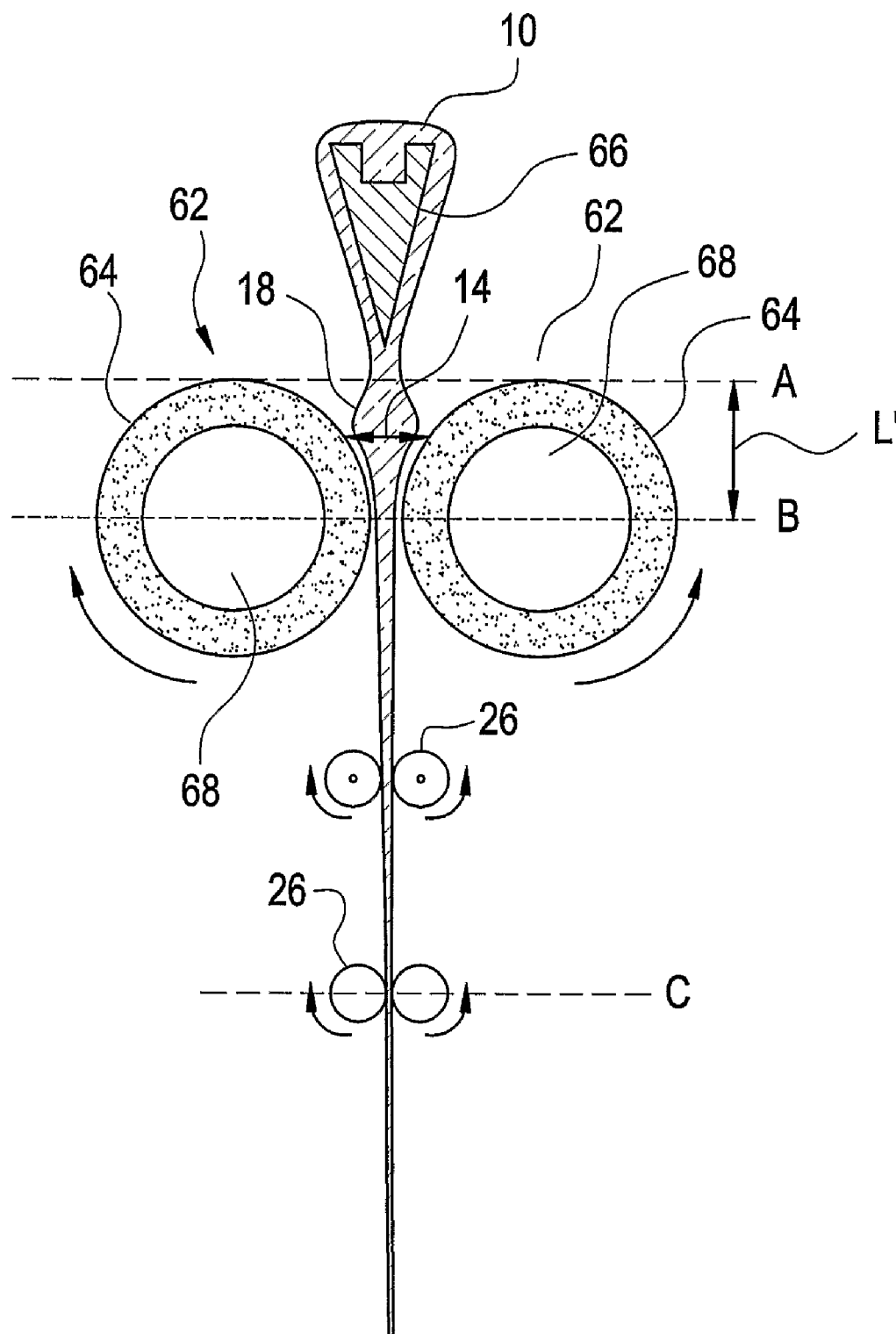


FIG. 11



PROCESS AND DEVICE FOR MANUFACTURING FLAT SHEETS OF A GLASS-BASED MATERIAL

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0001] 1. Field of the Invention

[0002] The present invention relates to a process for manufacturing flat sheets of a glass-based material. It further relates to an apparatus for manufacturing flat sheets of a glass-based material.

[0003] 2. Technical Background

[0004] There is an increasing demand for flat sheets, especially precision flat sheets, i.e. of high surface quality, which are made of a glass-based material such as a special glass or a glass-ceramic.

[0005] A so-called "rolling process" is known for the manufacture of flat sheets of a glass-based material. In this process the glass-based material, in the pasty state, is drawn and rolled between rollers, which does not allow flat sheets of high surface quality to be obtained.

[0006] Another known process for obtaining flat sheets of a glass-based material is the so-called "float process". In this process the liquid material is delivered onto a bath of liquid tin. The surface of the flat sheet is then contaminated with tin and the flat sheet exhibits surface defects which are not acceptable for flat sheets of high surface quality.

[0007] The so-called "fusion draw process" makes it possible to obtain flat sheets of high surface quality, but glass-based materials whose liquidus viscosities are below about 100,000 poises are difficult to use.

[0008] For applications such as display screens, it is imperative for the flat sheet to have certain properties such as an absence of surface contamination, for example by tin, a high surface quality, and consistent dimensions, such as thickness of the sheet.

SUMMARY

[0009] In one broad aspect, the invention proposes a method for manufacturing flat sheets of a glass-based material comprising flowing the glass-based material into and through a reservoir between two porous walls, the reservoir having a vertical length, a horizontal width and including a gap between the walls which varies along the length of the reservoir, the material being separated from the walls by a gas film, drawing the glass based material in a sheet from an outlet of the reservoir and wherein the drawn glass-based material has a viscosity less than about 500,000 poise at the reservoir outlet. Preferably the viscosity of the drawn glass-based material at the outlet of the reservoir is less than about 100,000 poise.

[0010] The material for manufacturing flat sheets by the method of the invention is preferably glass or a glass-ceramic, however, the method of the invention is of particular value in that it can be carried out with any type of glass-based material. It has a certain universality as regards the liquidus viscosity of the material in question. In particular, it can be carried out with materials whose liquidus viscosity is below 40,000 poises.

[0011] In one embodiment, the reservoir gap varies across the width of the reservoir. Preferably, the gap is larger at the vertical side edges (ends) of the reservoir than at a corresponding medial portion between the walls.

[0012] A viscosity of the sheet of glass-based material at the outlet of the reservoir is preferably between less than about 10^7 poises; more preferably less than about 500,000 poise; and most preferably between about 25,000 and 500,000 poise. At such viscosities, the sheet of glass-based material exiting the reservoir may advantageously continue to be worked such that the thickness of the sheet may continue to decrease as it passes from the reservoir to the second set of rollers. Practicing the method of the invention can produce glass-based sheets having a thickness less than about 3 mm, preferably less than about 1 mm. Advantageously, the method of the invention is capable of producing glass-based sheets having a thickness wherein the glass sheet becomes flexible, e.g. less than 150 μ m.

[0013] In accordance with an embodiment of the invention, the flow rate of the material through the reservoir is such that the material has a very short residence time within the reservoir, typically less than about 1 minute. Preferably, the flow rate of the material varies across the width of the reservoir; more preferably the flow rate of the material adjacent the vertical edges of the reservoir is less than the flow rate of the material at a medial position of the reservoir. Thus the method can be capable of overcoming adverse flow characteristics at the extremes of the reservoir width. Adverse flow characteristics may also be overcome by controlling a temperature of the stream of material over at least part of a flow path through the reservoir by heating, cooling or a combination of heating and cooling of the material.

[0014] In some instances it may be desirable to sculpture the glass-based sheet after it leaves the reservoir, the sculpturing being within the scope of those skilled in the art.

[0015] In another broad aspect of the invention, an apparatus for manufacturing flat sheets of a glass-based material is disclosed. The apparatus according to an embodiment of the present invention comprises a reservoir comprising two walls, the walls defining a gap within which the glass-based material can accumulate and through which it can flow, the gap varying over at least a portion of a vertical length of the reservoir, and wherein the reservoir is open at the sides thereof.

[0016] In one embodiment, the apparatus according to the present invention preferably has at least one longitudinal side wall inclined at an angle of between 10° and 45° relative to a vertical axis. More preferably, both the longitudinal side walls of the reservoir are inclined relative to the vertical axis, and most preferably, both walls are inclined at the same angle relative to a vertical axis.

[0017] The walls preferably comprise a porous material with an open porosity and may also comprise a leaktight envelope surrounding the reservoir, which may be fed with a pressurized gas. The pressurized gas may be heated or cooled to control the temperature of the walls.

[0018] In one advantageous variant, contact between the material and the walls is prevented by a film of gas between the walls and the flowing material. The film of gas may be provided, for example, by maintaining a gas under pressure upstream of the walls, in which case the walls consist of a material with open porosity. In this case the apparatus of the invention advantageously comprises a leaktight envelope which surrounds at least a portion of each wall of the reservoir and which is fed with the pressurized gas, the pressurized gas flowing through the porous walls and generating the film of gas between the walls and the flowing glass-based material.

[0019] Alternatively, the walls may contain gas passages within the structure of the walls for enabling the pressurized gas to be delivered to the interior of the walls. The passages preferably increase in size in a vertical direction from the top of the walls to the bottom of the walls. Preferably, the passages are less than about 5 mm from a surface of the walls.

[0020] Preferably the apparatus of the invention also comprises sets of edge rollers, for reducing the sheet to the desired dimensions after it leaves the reservoir. The apparatus may also include auxiliary rollers, in addition to the edge rollers, mounted outside the reservoir such that an axis of rotation of the rollers is no greater than about 10 mm below an outlet of the reservoir.

[0021] In another embodiment, the apparatus may comprise one or more roller covering the whole width of the sheet leaving the reservoir for sculpturing the sheet.

[0022] The invention will be understood more easily and other objects, characteristics, details and advantages thereof will become more clearly apparent in the course of the following explanatory description, which is given, without in any way implying a limitation, with reference to the attached Figures.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0023] FIG. 1 schematically shows a side cut-away view of the one embodiment of the invention for manufacturing flat sheets of a glass-based material, showing the porous walls inclined from a vertical axis to form a reservoir, and a flow of glass-based material into the reservoir.

[0024] FIG. 2 shows a perspective view of the inclined walls, and another view of the reservoir therebetween.

[0025] FIG. 3 depicts a front view of the apparatus according to an embodiment of the present invention, showing the auxiliary rollers, edge rollers, and the head of glass-based material in the reservoir.

[0026] FIG. 4 is a close-up side cross sectional view of the glass-based material adjacent a wall of the reservoir, indicating the gas film separating the gas-based material from the wall, and the flow of pressurized gas through the porous wall.

[0027] FIG. 5 is a side cross sectional view of an apparatus according to an embodiment of the present invention including a flow of glass-based material through the apparatus, including edge rollers, and also showing the head of glass-based material.

[0028] FIG. 6 is a cross sectional view of one wall of an apparatus according to an embodiment of the present invention showing passages within the structure of the wall into which a film forming gas is injected, and an envelope surrounding at least a portion of the wall for flowing a temperature regulating fluid.

[0029] FIG. 7a is a top down view of a reservoir according to an embodiment of the present invention in wherein the walls which form the reservoir are separated by a gap which varies vertically along a length of the walls.

[0030] FIG. 7b is a top down view of a reservoir according to an embodiment of the present invention in wherein the walls which form the reservoir are separated by a gap which varies vertically along a length of the walls and which also varies along a width of the walls.

[0031] FIG. 7c is a top down view of one wall of the reservoir illustrated in FIG. 7b, showing a curvature of the reservoir-side of the wall responsible for the horizontally varying gap.

[0032] FIG. 8 is a front view of an embodiment of the inventive apparatus wherein a portion of the glass-based material flowing through the reservoir extends beyond the side edges of the reservoir walls.

[0033] FIG. 9 shows the distance separating a pair of auxiliary rollers.

[0034] FIG. 10 illustrates the position of an auxiliary roller relative to a side edge of a reservoir wall

[0035] FIG. 11 is a cross sectional view of another embodiment of an apparatus according to the present invention wherein the reservoir walls comprise cylinders.

DETAILED DESCRIPTION

[0036] As seen in FIGS. 1-3, one embodiment of the present invention comprises the passage of a glass or glass-ceramic (hereinafter glass-based) material 10 between two walls 12 defining a gap, generically designated as gap 14 therebetween. FIG. 1 shows a side cross sectional view of a portion of an apparatus for drawing glass sheet according to an embodiment of the invention. The glass-based material 10 flows from delivery system 16 and accumulates between walls 12, forming a head 18 of glass based material between walls 12. As used herein, the term head refers to the volume of glass based material which is accumulated between the walls as a reserve. The glass-based material thereafter flows from an outlet at the bottom of the walls without contact between glass-based material 10 and walls 12. Each wall 12 forms an angle θ with vertical axis X-X'. The walls extend in a generally vertical direction from a top position or level, designated by reference character A, to a bottom position or level, designated by reference character B. The distance between opposing surfaces of each wall defines gap 14.

[0037] As shown by FIG. 1, the interior glass-side surface 20 of the walls between the upper bound of position A and the lower bound of position B (i.e. within distance L) generally forms a wedge shape. FIG. 2 depicts a perspective view of walls 12, illustrating that the walls further comprise a width W, wherein the width W terminates at side edges 22, 22' of each wall. The side edges at one end of walls 12 are designated as 22 and the side edges at the opposite end of walls 12 are designated as 22'. Thus, each wall extends a distance W between side edge 22 and side edge 22'. The generally wedge-shaped volume occupying the space between walls 12 (within gap 14) and extending across width W of walls 12 and along length L from the top A of walls 12 to the bottom B of walls 12 shall hereinafter be referred to as reservoir 24. Glass-based material 10 flows into reservoir 24 at level A at the top of the walls, and flows out of reservoir 24 at level B at the bottom of the walls. In one embodiment, discussed later, the flow of glass-based material 10 may extend horizontally beyond side edges 22, 22' such that a portion of glass-based material flows outside reservoir 24 before reaching outlet level B. In the embodiment depicted in FIG. 1, the glass-based material flows completely within reservoir 24, i.e. between edges 22, 22', and does not extend in a horizontal direction beyond edges 22, 22'.

[0038] Although walls 12 are shown to be planar, the walls may be concave, convex, or other shapes depending upon application. In one embodiment described herein, the walls comprise porous cylinders.

[0039] Reservoir gap 14 preferably varies vertically along a flow path of glass-based material 10 in a downward direction along axis X-X'; more preferably, gap 14 decreases along at least a portion of the flow path of material 10. The decrease in

gap 14 along the flow path of glass-based material 10 is advantageously obtained by translating at least one of the walls 12, or inclining at least one of the walls 12 at an angle θ of between about 10° and 45° relative to the vertical axis X-X'; more preferably at an angle θ of between about 10° and 30° ; and most preferably at an angle θ of between about 15° and 30° . More preferably, both walls 12 are inclined at the same angle relative to vertical axis X-X'. As depicted in FIG. 1, gap 14 preferably decreases along the flow path of material 10 from a maximum at reservoir inlet position A to a minimum at reservoir outlet position B.

[0040] The function of reservoir 24 is to receive the stream of glass-based material 10 from delivery system 16 in the liquid, semi-liquid or pasty state and to deliver a sheet of glass-based material 10 in a semi-solid state at outlet position B. Delivery system 16 may be comprised of platinum or a platinum alloy, making it possible to deliver glass-based material 10 at high temperature, e.g. on the order of 1400°C . to 1500°C ., so hard glasses, which have a low liquidus viscosity (for example as low as 1000 poises), and glass-ceramics can be treated. However, delivery system 16 may also be made of other refractory materials. For example, delivery system 16 may comprise a ceramic material.

[0041] In a preferred embodiment, delivery system 16 comprises an overflow trough wherein the glass overflows both sides of a triangularly-shaped trough. Overflow troughs, or as they have come to be known in the art, isopipes, are described, for example, in U.S. Pat. No. 3,338,696 to Dockerty, the contents of which are included in their entirety herein by reference. The two glass flows, one on either side of the isopipe body, meet at the bottom apex of the isopipe, therefore forming a flow of glass-based material having pristine outside surfaces. The pristine outside surfaces formed by a delivery system comprising an isopipe advantageously improve the surface quality of the glass-based material delivered by the present invention by supplying reservoir 24 with a flow of glass-based material having a high quality surface. Preferably, the residence time of the glass-based material within reservoir 24 is less than about one minute.

[0042] To maintain the pristine nature of the glass-based material flowing into and through reservoir 24, it is desirable that contact between the glass-based material and the reservoir walls be avoided. Contact with the reservoir walls may result in a transfer of contaminants from the walls to the glass-based material and/or the creation of imperfections in the surface of the glass. However, because glass-based material 10 remains "untouched" (contact-free) as it passes through reservoir 24, a high-quality surface finish can be obtained, which is particularly important for use in display applications. Moreover, no surface contamination takes place. FIG. 3 shows a frontal view of the embodiment of FIG. 1 and includes a view of edge rollers 26.

[0043] A preferred method for preventing contact between walls 12 of reservoir 24 and the stream of glass-based material 10 accumulating in and flowing through reservoir 24 is to provide a gas film between the internal surfaces of reservoir walls 12 and glass-based material 10. Such a configuration is best illustrated in FIG. 4 wherein a portion of the apparatus according to the present embodiment is illustrated. Gas film 28 may be generated by providing a pressurized gas, shown by arrows 30, on side 32 of the walls opposite glass-side surface 20, the walls being porous. Gas 30 flows through the pores of the porous walls. The gas is preferably air, but may be an inert gas, such as nitrogen or helium, or a combination of

inert gases. In one preferred embodiment of the invention, reservoir walls 12 are comprised of graphite. Other suitable materials include porous stainless steel, a porous nickel alloy or a porous ceramic. As shown in FIG. 5, it is advantageous to provide a leaktight envelope 34 around walls 12. In this embodiment gas 30 is injected under pressure into leaktight envelope 34 through inlet 36, and thereafter flows through the pores in reservoir walls 12 from side 32 to side 20 and issues from side 20 to create gas film 28 between the reservoir walls and glass-based material 10 flowing through the reservoir.

[0044] As shown in FIG. 6, the gas film may also be created by injecting pressurized gas 30 into ducts, or passages 38, extending through the interior of the reservoir walls. Passages 38 may be the same size or passages 38 may vary in size. It is preferred that passages 38 run horizontally along width W within walls 12. Preferably passages 38 increase in diameter in a direction of flow of the glass-based material, i.e. vertically, from top to bottom, with the lower passages having a generally larger diameter than the upper passages. Passages 38 are typically within less than about 5 mm of reservoir-side wall surface 20; more preferably less than about 4 mm; and most preferably between about 4 mm and 3 mm of the reservoir-side surface of the wall. Preferably, passages 38 are closer to surface 20 of walls 12 near the exit (i.e. outlet level B) of the reservoir than near the top, inlet position A, of the reservoir. Passages 38 are pressurized with gas 30. Gas 30 then exits wall 12 through pores in surface 20, creating the desired gas film 28 between the glass-side surfaces 20 of reservoir walls 12 and glass-based material 10 flowing through reservoir 24. The gas may be air; more preferably an inert gas such as, for example, nitrogen. Similar to the embodiment shown in FIGS. 1 and 4, each wall 12 containing passages 38 according to the present embodiment may advantageously comprise envelope 34' around reservoir walls 12. As shown in FIG. 6, envelope 34' typically includes inlet 36' and outlet 40 through which a temperature regulating fluid 42 may be flowed into and out of the envelope, respectively, thereby permitting cooling, or if need be, heating of reservoir walls 12. Temperature regulating fluid 42 may be chilled or heated to control the temperature of the walls. The temperature regulating fluid may comprise a gas, such as air or an inert gas, or the temperature regulating fluid may comprise a liquid, such as water. Methods for chilling or heating a temperature regulating fluid are well known. Preferably, envelope 34' extends across wall surface 32 so that there is no intermixing between gas 30 and temperature regulating fluid 42.

[0045] The gas film thickness between reservoir wall surface 20 and the glass flow within the reservoir may be controlled according to the present embodiment by increasing or decreasing the number of gas passages 38, by adjusting the pressure of the gas delivered to the passages, or by the distance between passages 38 and glass side 20 of the reservoir walls. For example, the gas film thickness may be increased by increasing the pressure of the gas supplied to the passages, or by decreasing the distance between passages 38 and the glass-side surface 20 of the walls. Similarly, the gas film thickness according to the previous embodiment may be controlled, for example, by increasing the pressure of gas 30 delivered to envelope 34.

[0046] The desired dimensions of the sheet of glass-based material may be obtained by drawing the sheet leaving reservoir 24, such as, for example, by means of edge rollers located below outlet level B of reservoir 24 between which the edges of the sheet of glass-based material pass. At least one set of

edge rollers **26** (FIGS. **3** and **5**) may be positioned below (downstream relative to the direction of flow of the glass-based material) outlet level B of the reservoir. By “set” what is meant is two pair of opposing, counter-rotating rollers, a first pair of edge rollers at one edge of the glass sheet, and another, second pair of edge rollers at the opposite edge of the sheet. Edge rollers **26** pull the glass flow by applying a downward force to the glass, and may also be used to guide and size the sheet to a desired width and thickness.

[0047] The edge rollers are driven by motors (not shown) which rotate the edge rollers in opposition, thus applying the pulling force to the sheet of glass-based material, the pulling force being a function of, inter alia, the vertical viscosity gradient of the sheet of glass-based material being drawn, the downward draw speed of the sheet, the angle θ of the reservoir walls from vertical, the temperature of the reservoir walls (particularly the temperature at the glass-side surfaces **20**), and the temperature of the edge rollers. The pulling force may be varied, for example, by changing the temperature of reservoir walls **12**, such as by cooling the walls as previously described, thereby changing the viscosity gradient. It should be noted that a plurality of edge roller sets may be used to pull and elongate the glass sheet. The edge rollers typically are knurled, toothed, or otherwise equipped with surfaces that aid in drawing the glass sheet, but which may therefore damage the edges of the sheet of glass-based material **10**. The manufacturing process of the invention preferably includes a step for cutting off or otherwise removing these damaged edges in order to obtain a sheet of glass-based material with the desired high surface quality. Other edge rollers (not shown) having smooth surfaces may also be employed, typically below the knurled edge rollers relative to the direction of flow of glass-based material, for guiding the glass sheet.

[0048] Advantageously, in contrast to prior art methods which employ non-contact walls, the sheet of glass-based material exiting reservoir **24** at outlet position B according to the present invention has preferably not reached a viscosity wherein dimensions of the sheet may not be varied, such as, for example, the width or thickness of the sheet. In other words, the viscosity of the sheet leaving the reservoir according to the present invention is sufficiently low that width or thickness of the sheet may be varied after leaving reservoir **24** at outlet position B. In particular, it is preferable that thickness **44** of the sheet (FIG. **1**) exiting reservoir **24** is further reduced by passing the sheet between edge rollers **26**, as previously described. Successive sets of edge rollers draw the glass-based material exiting reservoir **24** increasingly thinner until the sheet has attained a predetermined permanent thickness **46** at position C (FIG. **5**) after the sheet has passed through at least one set of edge rollers **26**. Although FIG. **5** depicts **3** sets of edge rollers between position B and position C, more than three sets of edge rollers may be used, or less than three sets of edge rollers may be used, as needed for the desired thickness. Preferably, the viscosity of the glass-based sheet exiting the reservoir at position B is less than about 10^7 poises, more preferably less than about 500,000 poises; and most preferably between about 25,000 and about 500,000 poises. A viscosity less than about 10^7 poises provides additional flexibility to the inventive method, and facilitates the manufacture of glass-based sheets having a thickness preferably less than about 3 mm by passing the glass sheet through one or more sets of edge rollers. A thickness more preferably less than about 1 mm may be attained. Glass-based sheets having a thickness less than 150 μm may advantageously be

produced using the inventive method and the apparatus disclosed herein. A sheet thickness less than about 150 μm may allow the solidified sheet to be wound into a roll, such as by winding the sheet onto a roll or cylindrical form. The sheets of glass-based material having a thickness **46** less than about 150 μm may be used, for example, to manufacture flexible displays. To protect the glass sheet, the sheet may be coated with a suitable coating, such as a polymer (e.g., an acrylate) if desired.

[0049] Where appropriate, particularly for the production of glass-ceramic cook tops, the inventive method may also comprise passing the sheet of glass-based material between appropriate rollers to give the flat sheets a sculptured surface. For this purpose the device of the invention may comprise, in addition to or in place of edge rollers **26**, imprinting rollers (not shown) which extend across the entire width of the sheet leaving reservoir **24**. Such imprinting rollers may be used to imprint predetermined patterns on the glass surface.

[0050] By appropriate choice of the dimensions of the substantially rectangular, horizontal cross-sections of reservoir **24** from inlet A to outlet position B of the reservoir, and by controlling the temperature of walls **12** and the flow rate of glass-based material **10**, a gradual cooling of the glass-based material is obtained so as to give the desired viscosity at reservoir outlet position B.

[0051] As glass-based material **10** is flowed through reservoir **24** and a substantially rectangular cross section of flow of glass-based material **10** is flowed out of reservoir **24**, it is desirable that head **18** of glass-based material **10** be accumulated within reservoir **24**. However, the behavior of glass-based material **10** as it flows through reservoir **24** is such that a flow of glass-based material **10** which is spread evenly across width W of reservoir **24** may cause the flow of glass-based material **10** from reservoir outlet position B to be unstable, resulting in difficulty maintaining a constant thickness of the material at reservoir outlet position B. It is thought that such a phenomenon is a result of surface tension effects, or inhomogeneous cooling across the width of the glass-based material. Such effects have an impact upon the resistance (impedance) experienced by the material flow, and which impedance may differ significantly between regions of the flow near side edges **22**, **22'** of walls **12** when compared with the glass-based material flow at a medial position along width W. Thus, the pressure drop along the flow path of the glass-based material may be higher along the outside portions of the flow than in the middle of the flow. It is therefore desirable to compensate for the differences in impedance to the flow across the width of the flow, thereby at least equalizing the vertical pressure drop across the width of the flow.

[0052] Several methods may be used to compensate for this difference in impedance. In one embodiment of the present invention, delivery system **16** is adapted to provide a reduced flow of material **10** to a region of reservoir **24** adjacent side edges **22**, **22'** of walls **12** compared to the flow of material **10** delivered to a medial portion of the reservoir. (Walls **12** are indicated by phantom—or dashed—lines in FIG. **3**) That is, the flow of glass-based material **10** to the center of reservoir **24** is made greater than the flow rate of glass-based material **10** delivered to the edges of reservoir **24**. It is preferable in this instance that the flow rate of glass-based material is substantially constant across the width of the delivery system, with the exception being the outside edges of the flow, wherein the flow rate is greater adjacent edges **22**, **22'** than within the medial portion of the flow. This is illustrated in FIG. **3** by flow

lines 48 which illustrate the relative flow rate of glass based material across the width of delivery system 16, and which glass-based material is delivered to reservoir 24. The length of each flow line represents the relative flow, with a longer line indicating a greater flow than a shorter line. Preferably, the flow of glass-based material issuing from the outside edges of the flow delivery system is such that the flow between walls 12 at side edges 22, 22' of the walls is between about 10% and 30% of the flow at a medial position between the walls; more preferably about 20%; and most preferably about 30%. Preferably, the flow within 200 mm of side edges 22, 22' of the walls is approximately 10% to 30% less than the flow at a medial position between the walls.

[0053] In another embodiment, gap 14 may vary across reservoir width W such that gap 14 is larger adjacent side edges 22, 22' of walls 12 than at a medial position of width W. This can be more clearly seen by referring to FIG. 7a-7c. FIG. 7a shows a top view of walls 12 wherein gap 14 varies vertically from the top of the walls (where generic gap 14 is designated as 14A at the top of the walls) to the bottom of the walls (designated as 14B). Gap 14A and gap 14B are different, but nonetheless each gap is constant across width W. On the other hand, FIG. 7b shows walls 12 wherein the gap between the walls varies horizontally across at least a portion of width W. For clarity, a top down view of a single wall from FIG. 7b is shown in FIG. 7c. As a result of the larger gap adjacent the side edges of walls 12 in FIG. 7b, resistance to the flow of glass-based material 10 adjacent the side edges, where gap 14 is greatest, is less than the flow of the material at a medial position between the walls where the gap is smaller. Preferably, gap 14 is about 0.5 mm to about 1 mm larger at the side edges of walls 12 than at a medial position across the width of the reservoir. The widened gap should extend inward from side edges 22, 22' toward the center of the walls at least about 10 mm, more preferably at least about 30 mm. It is not necessary that the gap distance be vertically uniform within the above mentioned region. For example, gap 14 may be constant horizontally across the top (inlet) of the reservoir, but vary horizontally across the bottom (outlet) of the reservoir. Gap 14 preferably varies such that the gap at the edges of the reservoir is greater adjacent side edges 22, 22' than at a medial position within the reservoir, and at least across the bottom of the reservoir. Preferably, variation in gap 14 should be gradual rather than exhibit a sharp, distinct transition.

[0054] In still another embodiment shown in FIG. 8, a set of auxiliary rollers 50 are included proximate reservoir outlet position B, rollers 50 being positioned at a point approximately equal to the level of the reservoir outlet to control the flow of glass-based material 10 (portion 52) which may be flowing outside the side edges 22, 22' of the walls (and therefore reservoir 24) in the present embodiment. Moreover, auxiliary rollers 50 may be used to heat or cool the edges of the sheet of glass-based material 10 outside the side edges 22, 22' of the reservoir (portion 52), thereby controlling the viscosity of portion 52. Auxiliary rollers 50 may be cooled by supplying auxiliary rollers 50 with a coolant. Preferably, auxiliary rollers 50 have at least one channel within each roller for flowing a coolant therethrough. Cooling portion 52 of the glass-based material by the auxiliary rollers may enable the edges of the material to form a high-viscosity frame which aids in the thinning of the sheet as the sheet travels between auxiliary rollers 50 and edge rollers 26. Auxiliary rollers 50 may facilitate the application of increased shear stress on the

sheet without a reduction in the width of the sheet. Preferably, edge rollers 26 are cooled in a manner similar to the cooling of the auxiliary rollers. Preferably, distance 54 (FIG. 9) between the closest portions of opposing auxiliary rollers 50 is between about 0.1 and 1.5 mm less than gap 14 between walls 12 at a height h (FIG. 10) from reservoir outlet position B, where h is equal to the height of the axis of rotation 56 of the auxiliary rollers (the axis of rotation of a set of auxiliary rollers preferably being on a common plane). That is, gap 14 at a vertical location equal to the location of axis 56 above outlet position B is preferably between about 0.1 and 1.5 mm larger than distance 54.

[0055] The auxiliary rollers may be operated in either of two modes. A first mode wherein the distance between opposing rollers is constant, thereby facilitating a constant edge thickness for the glass sheet exiting the reservoir, or a second mode wherein the distance between the edge rollers may vary during the draw process such that a constant pressure is applied to the edges of the glass sheet. It is preferable that distance 53 between auxiliary rollers 50 and side edges 22, 22' of walls 12 is between about 2 mm to 5 mm, as shown in FIG. 10. The linear speed of auxiliary rollers 50, that is, the speed of an auxiliary roller at a tangent to the circumference of the roller, is dependent upon the desired thickness of the glass sheet drawn from the reservoir. However, the linear speed of the auxiliary rollers 50 typically ranges from about 5% less than the first set of edge rollers 26 after outlet position B to about 20% less.

[0056] Thus, at any given time a volume of glass-based material which is disposed within a first, predetermined volume of reservoir 24 at a medial region of the reservoir (the volume of the reservoir extending vertically from the inlet of the reservoir to the outlet of the reservoir and across a given width) is greater than a volume of material 10 disposed within a second, predetermined volume of reservoir 24 located adjacent the side edges of the reservoir, wherein the second volume is equal to the first volume. More simply put, the head of glass is greater in a medial portion of the reservoir than at the edges of the reservoir. As shown, the volume of glass-based material is greater within the medial portion of the reservoir than adjacent the edges of the reservoir.

[0057] The required pulling force of the edge rollers and/or auxiliary rollers may also be varied by modifying gap 14, such as by decreasing the overall gap, thus increasing the required pulling force. The pulling force may be varied by changing the inclination of side walls 12 relative to vertical axis X-X' (increasing the angle of inclination increases the required pulling force).

[0058] At the end of the process of the invention as described above, a solid sheet 60 is finally obtained from the final set of edge rollers at position C, glass sheet 60 having a predetermined thickness preferably less than about 3 mm; more preferably less than 1 mm. The method and apparatus of the invention may be used to manufacture flat sheets having a high surface quality from any glass-based material. The preferred materials are glasses and glass-ceramics with very high strain points for display applications, alkali-free glasses, and glasses and/or glass-ceramics which have special dielectric properties at high temperature.

[0059] In another embodiment according to the present invention and depicted in FIG. 11, the angled, generally stationary reservoir walls of the previous embodiment may be replaced with two rotating cylinders 62, or drums, the cylindrical walls 64 of which may be formed of the same porous

materials as described in the previous embodiment, e.g. graphite, ceramic, etc. Preferably, the cylinders are in an opposed, counter-rotating relationship. Although FIG. 11 shows the cylinders rotating such that their motion at the reservoir outlet is downward, the cylinders may be rotated such that their motion at the reservoir outlet is upward. The length L' of the reservoir extends from the top of the cylinders to a point midway along the vertical diameter of the cylinders, between the reservoir inlet at level A and the reservoir outlet at level B. As in the previous embodiment, the glass-based material which flows into the reservoir is prevented from contacting the cylinders by a film of gas. The gas film is formed by injecting a suitable gas 30 into the hollow interiors 68 of the cylinders. Gas 30 exits the cylinders through the porous walls of the cylinders to form a cushion between the glass flowing through the reservoir and the outside surface of the cylinder walls. Gap 14 between the reservoir (cylinder walls) from level A to level B varies along length L, getting smaller in a direction from the top of the reservoir to the bottom of the reservoir. In the present embodiment, the variation in gap 14 from the top of the reservoir 24 to the bottom of reservoir 24 varies nonlinearly.

[0060] Advantageously, the use of rotating cylindrical walls for reservoir 24 minimizes structural variations in the walls and therefore minimizes deformations in the reservoir shape due to temperature gradations. The thermal stresses which may develop in rotating cylindrical walls are cylindrically distributed, making deformation of the cylindrical walls less likely than in the walls of the previous embodiment.

[0061] Also as in the previous embodiment, gap 14 may vary across reservoir width W as well, wherein the regions of the cylinders adjacent the cylinder edges may be beveled slightly such that gap 14 between the cylinders is greater adjacent the cylinder edges than within a median region of width W. The gap variation may be similar to the gap variation in the previous embodiments.

[0062] As described previously, glass-based material 10 may be fed into reservoir 24 by isopipe 66, or the glass-based material may be provided by other means, such as a slot feeder, as shown in FIG. 1 for example, or an overflow trough (wherein the glass-based material overflows only a single side of the trough). Other delivery systems are also possible, such as delivery from a cylindrical pipe. However, delivery from a cylindrical pipe is less preferred, as the method makes it more difficult to attain a consistent flow across the width of the reservoir.

[0063] Of course, the invention is in no way limited to the embodiments described and illustrated above, which descriptions and illustrations have been given only as purely illustrative and non-limiting examples of the invention.

[0064] Thus, for example, the gas used to generate the film of gas can be any gas other than air, nitrogen or helium, and the porous material for obtaining the porous walls of reservoir 24 is not limited to graphite, a porous stainless steel, a nickel alloy or a porous ceramic.

[0065] Also, although the device of the invention has been shown in the figures with reservoir 24 having a horizontal cross-section whose width (i.e. gap 14) decreases continuously from the inlet of the reservoir to the outlet of the reservoir, reservoir 24 can consist of a first, upper portion having a constant cross-section along a portion of the path of the glass-based material, followed by a second, lower portion having a decreasing cross-section along a flow path of the material. The converse arrangement can also be used, where appropri-

ate. Likewise, it is possible to use a combination of these two arrangements in which the portion having a decreasing cross-section is preceded and followed by a portion of constant cross-section. Similarly, the device of the invention may comprise several portions having a decreasing cross section.

EXAMPLE

[0066] A glass flow of 2 kg/hour/cm was established from a delivery system slot. The delivered glass had a viscosity of 1,500 poises. The glass was delivered to a hollow reservoir comprising 2 graphite walls, each graphite wall being backed by a gas-tight enclosure. The gas tight enclosure was fed with nitrogen at a pressure of 6.5 atmospheres. Each graphite wall had an inclination of 15° from the vertical axis such that the gap between the walls was larger at the top of the side walls than at the bottom of the walls. The opposing surfaces of the walls varied across the width of the side walls such that the gap at the outside edges of the walls was greater than the gap at a medial position between the walls, with the gap being approximately 1.5 mm larger at the horizontal side edges of the walls than at a median position therebetween. The graphite walls were maintained at a temperature of about 450° C. by cooling the gas delivered to the gas tight envelope. A glass sheet having a viscosity of approximately 50,000 to 100,000 poises was drawn from the outlet of the reservoir. Glass sheet was formed having thicknesses of between 1 mm and 2.2 mm.

[0067] It will be apparent to those skilled in the art that various other modifications and variations can be made to the present invention without departing from the spirit and scope of the invention. Thus it is intended that the present invention cover the modifications and variations of this invention provided they come within the scope of the appended claims and their equivalents.

What is claimed is:

1. A method of drawing flat sheets of glass-based material comprising:
 - a) delivering a glass-based material (10) from a delivery system (16) to a reservoir (24) between two porous walls (12), the reservoir having a vertical length (L), a horizontal width (W) between side edges (22, 22') of the walls and including a gap (14) between the walls which varies along the vertical length of the reservoir, the material being separated from the walls by a gas film (28);
 - b) drawing the glass-based material in a sheet from an outlet of the reservoir; and
 - c) wherein a flow of the glass-based material delivered to the reservoir is varied across the width of the reservoir.
2. The method according to claim 1 wherein the flow of glass-based material delivered to a medial portion of the reservoir is greater than the flow delivered to a region of the reservoir adjacent the side edges.
3. The method according to claim 2 wherein the flow delivered adjacent the side edges is between about 10% and 30% of the flow delivered to the medial portion.
4. The method according to claim 1 wherein the glass-based material has a viscosity less than about 100,000 poise at the reservoir outlet.
5. The method according to claim 1 wherein the gas film is formed by delivering a gas (30) to pores in the porous walls through passages (38) which vary in size in a direction of flow of the glass-based material.
6. The method according to claim 5 wherein the passages increase in size in a direction of flow of the glass-based material.

7. The method according to claim 1 wherein a portion of the glass-based material delivered to the reservoir extends beyond the outside edges of the reservoir walls and the step of drawing comprises contacting the glass-based material extending beyond the side edges with opposing rollers (50) adjacent the side edges.

8. The method according to claim 7 wherein an axis of rotation (56) of the opposing rollers is no more than about 10 mm below an outlet level (B) of the reservoir.

9. The method according to claim 7 wherein a distance (54) separating the opposing rollers is maintained constant as the sheet of glass-based material is drawn.

10. The method according to claim 7 wherein a distance (54) separating the opposing rollers varies as the sheet of glass-based material is drawn.

11. The method according to claim 1 wherein the reservoir walls are formed by two rotating porous cylinders (62).

12. The method according to claim 1 wherein a head of the glass-based material in a medial portion of the reservoir is greater than a head of the glass-based material in a region of the reservoir adjacent the side edges.

13. A method of drawing flat sheets of a glass-based material comprising:

delivering a glass-based material (10) from a delivery system (16) to a reservoir (24) between two porous walls (12), the reservoir having a vertical length, a horizontal width between side edges (22, 22') of the walls and including a gap (14) between the walls which varies along the vertical length of the reservoir, the material being separated from the walls by a gas film (28);

drawing the glass-based material in a sheet from an outlet of the reservoir; and
wherein the gap varies across the horizontal width of the reservoir.

14. The method according to claim 13 wherein the gap is larger at the side edges of the reservoir than at a medial portion of the reservoir.

15. An apparatus for drawing flat sheets of a glass-based material comprising:

a reservoir comprising porous walls (12), the walls defining a gap (14) therebetween for accommodating a flow of the glass-based material, the gap varying over at least a portion of a vertical length of the reservoir; and
wherein the apparatus includes opposing rollers (50) rotatably mounted adjacent side edges (22, 22') of the reservoir for drawing the sheet of glass-based material.

16. The apparatus according to claim 15 wherein the rollers are cooled.

17. The apparatus according to claim 15 wherein the walls comprise passages (38) which vary in size along a vertical length (L) of the reservoir for delivering a gas to pores of the porous walls.

18. The apparatus according to claim 15 wherein the gap varies across a width of the reservoir.

19. The apparatus according to claim 15 wherein an axis of rotation (56) of the rollers is no more than about 10 mm below an outlet of the reservoir.

20. The apparatus according to claim 15 wherein the walls comprise rotating porous cylinders (62).

* * * * *



TRANSLATION CERTIFICATION

Date: May 19, 2025

To whom it may concern:

I, Atsuko Iemoto, a translator fluent in the English and Japanese languages, on behalf of Morningside, do solemnly and sincerely declare that the following is, to the best of my knowledge and belief, a true and correct translation of the document(s) listed below in a form that best reflects the intention and meaning of the original text.

The document is designated as:

- US20090019892A1

Atsuko Iemoto

Signature

Atsuko Iemoto

Print

QUESTEL CONFIDENTIAL

4001 S 700 East, Suite 500 #B17
Salt Lake City, UT 84107

EX1009
Page 17 of 33



US 20090019892A1

(19)アメリカ合衆国

(12)特許出願公開

Shultz 他

(10)公報番号第 US 2009/0019892 A1

(43)公報番号日付

2009 年 1 月 22 日

(54)【発明の名称】 ガラス基板材料の平板を製造する
方法及び装置

2005 年 4 月 6 日出願 (欧州特許庁) 05290757.3

公報分類

(75)発明者: アラン・マーク・フレッドホルム (フランス国エリシー)、
クロード・フランソワ・モーリス・ジル
(フランス国ブーグリニー)、
クリストフ・ピエロン (フランス国アヴォン)、
グザヴィエ・テリエ (フランス国シュロワ)

(51)国際特許分類

C03B 17/00 (2006.01 版)

(52)米国特許分類..... 65/91; 65/183

(57)【要約】

本発明は、ガラス基板材料の平板を製造する方法及び該方法に関連する装置に関する。該方法は、

供給システム(16)から該ガラス基板材料(10)を、2つの多孔質壁(12)間に設けられた貯留部(24)に供給するステップと、

該貯留部は垂直方向の長さ(L)と、該壁の側縁(22, 22')間の水平方向の幅(W)とを有し、該貯留部の垂直方向の長さに沿って変化する該壁間の隙間(14)を含み、該材料は該壁から気体膜(28)によって隔離されているステップと、

該貯留部の出口から該ガラス基板材料をシート状に引き出すステップと、

を包含し、

該貯留部に供給される該ガラス基板材料の流れが該貯留部の幅方向にわたって変化する、又は該隙間(14)が該貯留部(24)の水平方向の幅(W)にわたって変化する。

連絡先住所:

コーニング インコーポレイテッド

SP-TI-3-1

コーニング, NY 14831 (アメリカ合衆国)

(73)譲受人: ニューヨーク州法人コーニング インコーポレイテッド

(21)出願番号 11/918,029

(22)PCT 出願日: 2006 年 3 月 10 日

(86)PCT 出願番号: PCT/US2006/008579

§ 371(c)(1),(2),(4) 2007 年 10 月 5 日
国内出願日:

(30)外国出願優先権データ

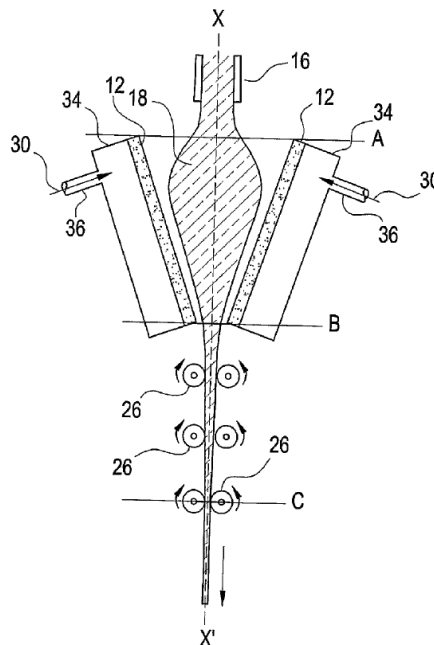


図 1

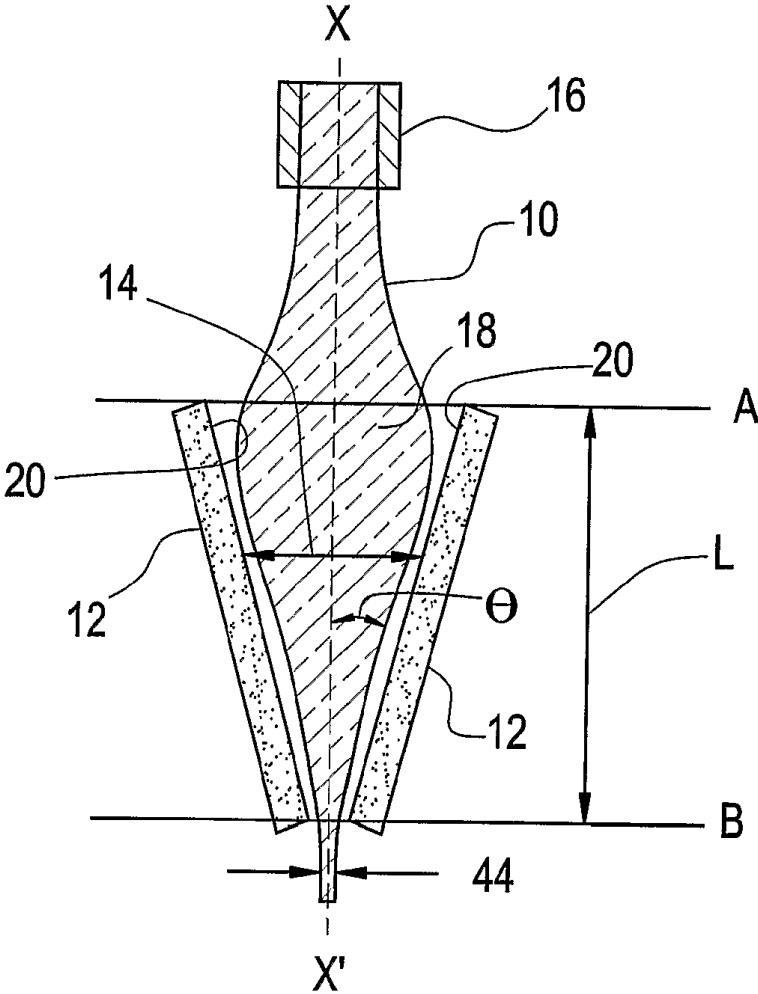


図 2

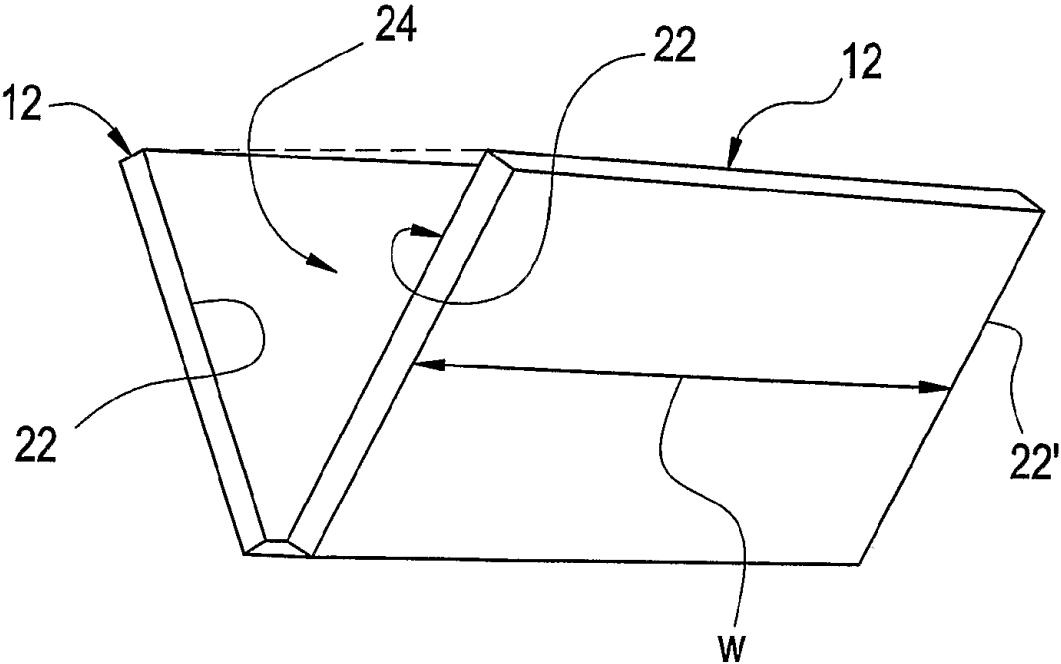


図 3

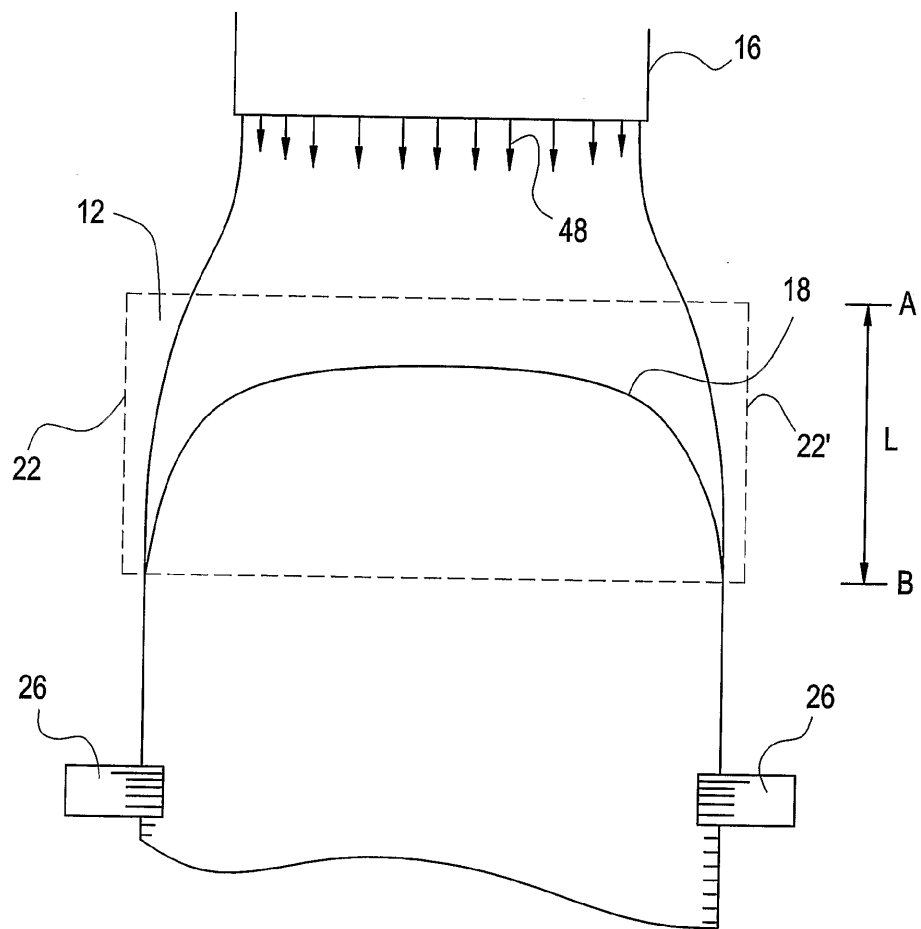


図 4

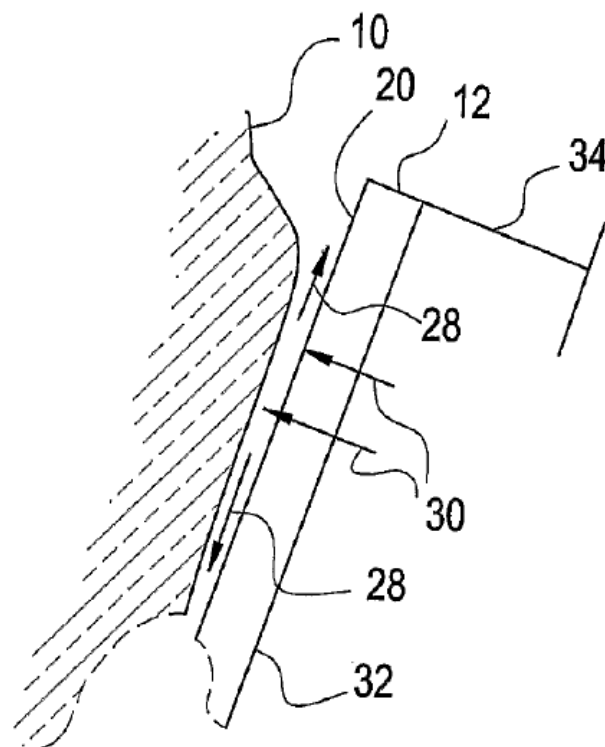


図 5

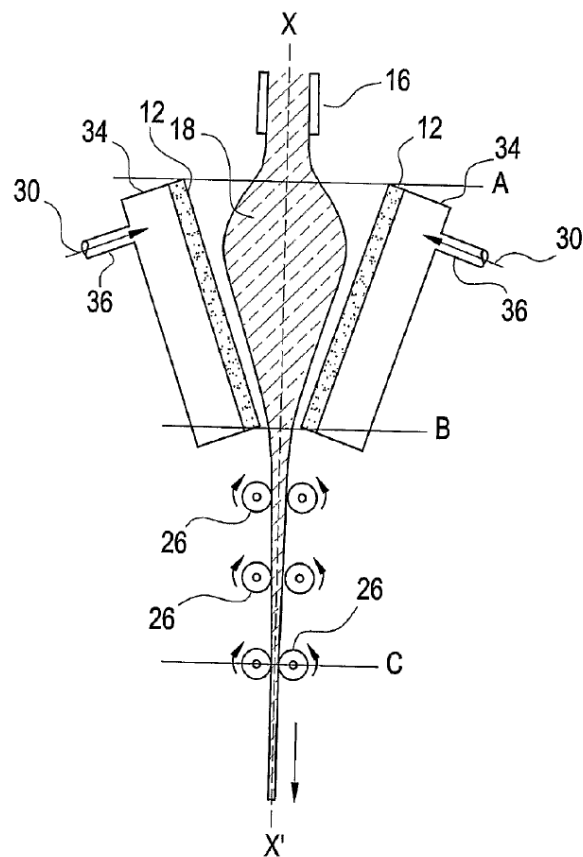


図 6

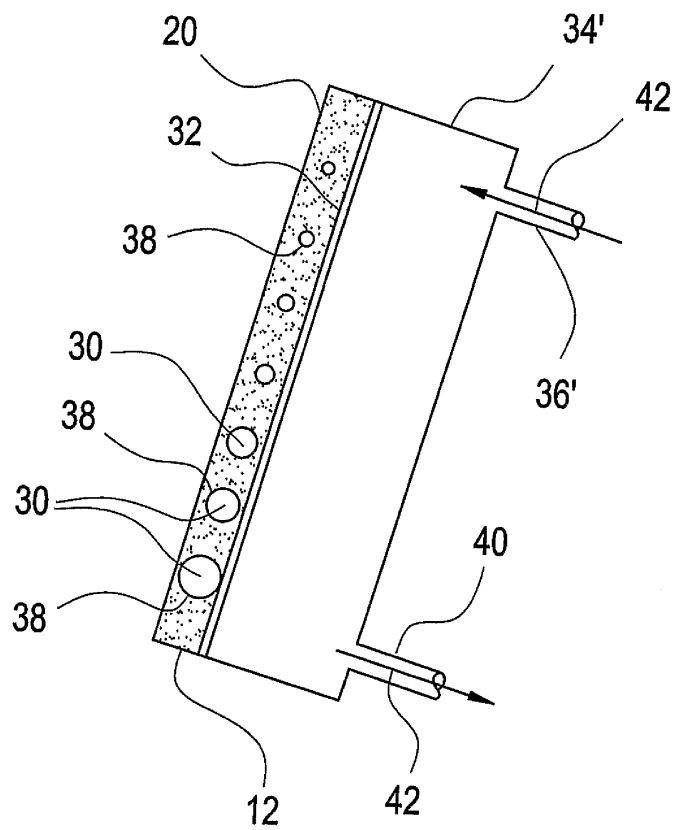


図 7A

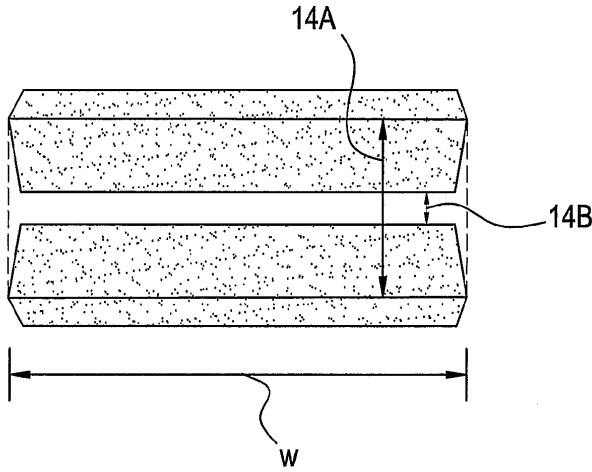


図 7B

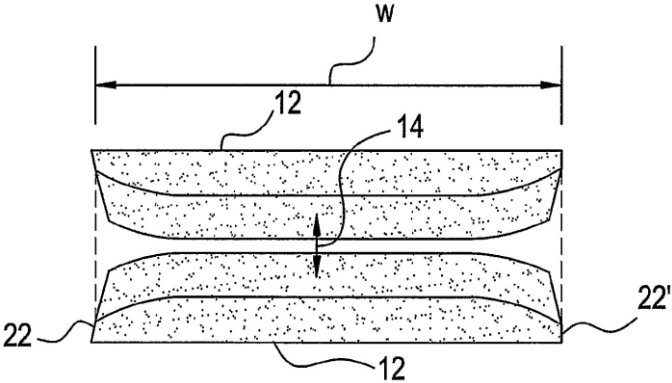


図 7C

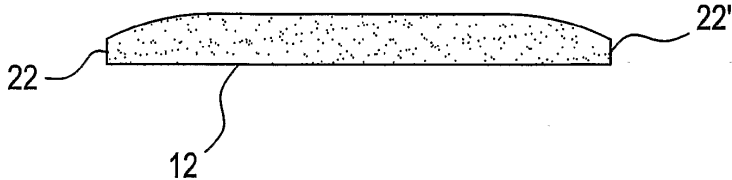


図 8

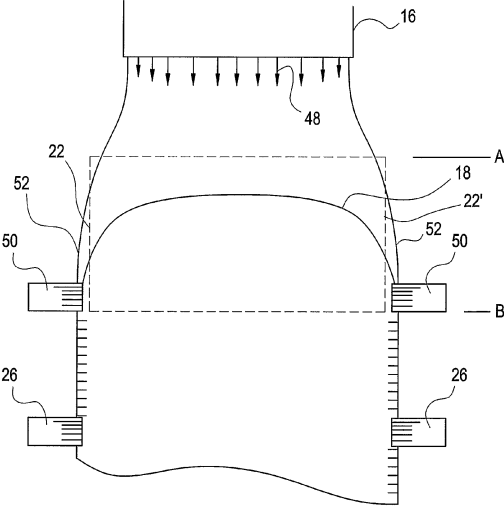


図 9

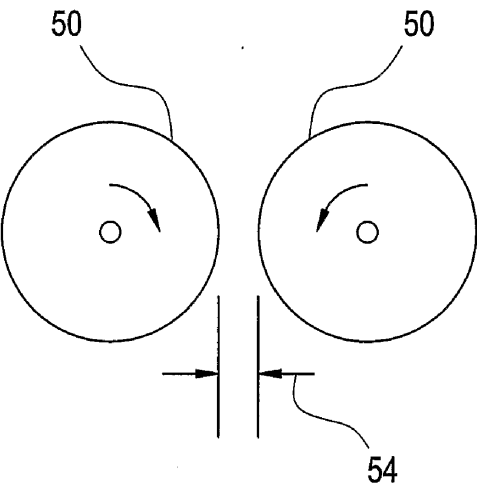


図 10

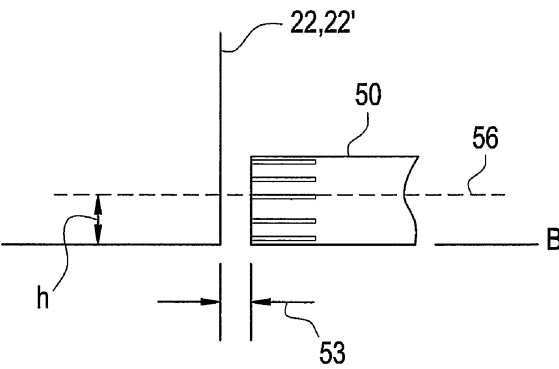
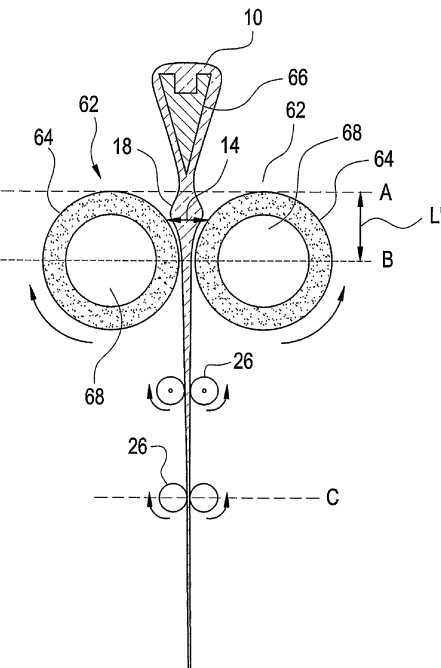


図 11



【発明の名称】**ガラス基板材料の平板を製造する方法及び装置****【発明の背景】****[0001] 【技術分野】**

[0002] 本発明は、ガラス基板材料の平板を製造する方法に関する。さらに、ガラス基板材料の平板を製造する装置に関する。

[0003] 【背景技術】

[0004] ガラス基板材料、例えば特殊ガラスやガラスセラミックスからなる平板、特に高表面品質を有する精密平板に対する需要が増加している。

[0005] ガラス基板材料の平板を製造するための所謂「ロール加工法」が知られている。この方法では、ペースト状のガラス基板材料がローラー間で引き出され圧延されるが、高表面品質の平板を得ることはできない。

[0006] ガラス基板材料の平板を得るための別の公知方法として、所謂「フロート法」がある。この方法では、液体材料が液体スズの浴槽上に供給される。その結果、平板の表面はスズで汚染され、高表面品質の平板には許容できない表面欠陥が生じる。

[0007] 所謂「フュージョン・ドロー法」は高表面品質の平板を得ることを可能とするが、液相線粘度が約 100,000 ポアズ未満のガラス基板材料の使用は困難である。

[0008] ディスプレイスクリーン等の用途においては、該平板が、スズ等による表面汚染のないこと、高表面品質、及びシート厚さ等の寸法均一性といった特定の特性を有することが必須である。

【発明の概要】

[0009] 本発明の一つの広範な態様において、該発明は、ガラス基板材料の平板を製造する方法を提案する。該方法は、該ガラス基板材料を 2 つの多孔質壁間に設けられた貯留部に流し込み、該貯留部を通過させるステップを含む。該貯留部は垂直方向の長さとは水平方向の幅を有し、該貯留部の長さに沿って変化する該壁間の隙間を含む。該材料は該壁から気体膜によって隔離されており、該貯留部の出口から該ガラス基板材料をシート状に引き出す。引き出された該ガラス基板材料は、該貯留部の出口において約 500,000 ポアズ未満の粘度

を有する。好ましくは、該貯留部の出口における該引き出されたガラス基板材料の粘度は約 100,000 ポアズ未満である。

[0010] 本発明の方法による平板製造用材料は、好ましくはガラス又はガラスセラミックスである。しかしながら、該発明の方法は、あらゆる種類のガラス基板材料で実施可能であるという点で特に価値がある。該方法は、該当する材料の液相線粘度に関して一定の普遍性を有する。特に、液相線粘度が 40,000 ポアズ未満の材料で実施可能である。

[0011] 一実施形態において、該貯留部の隙間は該貯留部の幅方向にわたって変化する。好ましくは、該隙間は、該貯留部の垂直側縁(端部)において、該壁間の対応する中央部分よりも大きい。

[0012] 該貯留部の出口における該ガラス基板材料シートの粘度は、好ましくは約 10^7 ポアズ未満、より好ましくは約 500,000 ポアズ未満、最も好ましくは約 25,000~500,000 ポアズの範囲である。このような粘度において、該貯留部から出る該ガラス基板材料シートは、該貯留部から第二のローラーセットに移動する際に、シート厚みがさらに減少し続けるように有利に加工され得る。本発明の方法を実施することにより、約 3mm 未満、好ましくは約 1mm 未満の厚みを有するガラス基板シートを製造することができる。有利なことに、本発明の方法は、ガラスシートが可撓性となる厚み、例えば 150 μ m 未満のガラス基板シートを製造することが可能である。

[0013] 本発明の一実施形態によれば、該貯留部を通過する該材料の流量は、該材料が該貯留部内に極めて短い滞留時間(典型的には約 1 分未満)を有するように設定される。好ましくは、該貯留部の幅方向にわたって該材料の流量が変化し、より好ましくは、該貯留部の垂直縁端に隣接する該材料の流量が、該貯留部の中央位置における該材料の流量よりも少ない。これにより、該貯留部幅の端部における不良な流動特性を克服することが可能となる。不良な流動特性はまた、該貯留部を通過する流路の少なくとも一部に沿って、該材料を加熱、冷却、または加熱と冷却の組み合わせによって、該材料の流れの温度を制御することによっても克服され得る。

[0014] 場合によっては、該ガラス基板シートが該貯留部を出た後に、当業者の技術範囲内

で該ガラス基板シートを成形することが望ましい場合がある。

[0015] 本発明の他の広範な態様において、ガラス基板材料の平板を製造するための装置が開示される。本発明の一実施形態による該装置は、2つの壁を含む貯留部を含み、該壁は該ガラス基板材料が蓄積可能かつ流動可能な隙間を規定し、該隙間は該貯留部の垂直方向長さの少なくとも一部にわたって変化し、且つ該貯留部は側面が開放されている。

[0016] 一実施形態において、本発明による該装置は、好ましくは垂直軸に対して 10° ～ 45° の角度で傾斜した少なくとも1つの縦側壁を有する。より好ましくは、該貯留部の両縦側壁が該垂直軸に対して傾斜しており、最も好ましくは、両壁が該垂直軸に対して同一角度で傾斜している。

[0017] 該壁は、好ましくは開放気孔率を有する多孔質材料を含み、また、加圧ガスを供給可能な該貯留部を囲む気密外郭を含んでもよい。該加圧ガスは、該壁の温度を制御するために加熱または冷却されてもよい。

[0018] 一つの有利な変形例において、該材料と該壁との接触は、該壁と流動する該材料との間の気体膜によって防止される。該気体膜は、例えば、該壁の上流側で加圧気体を保持することによって供給され得、この場合、該壁は開放気孔率を有する材料から構成される。この場合、本発明の該装置は、有利にも、該貯留部の各壁の少なくとも一部を囲み、該加圧気体を供給される気密外郭を含み、該加圧気体は該多孔質壁を通過し、該壁と該流動するガラス基板材料との間に該気体膜を生成する。

[0019] 代替的に、該壁は、該加圧気体を該壁の内部に供給することを可能にするための該壁の構造内に気体通路を含んでもよい。該通路は、好ましくは、該壁の頂部から該壁の底部に向かう垂直方向にサイズが増大する。好ましくは、該通路は、該壁の表面から約 5mm 未満の距離にある。

[0020] 好ましくは、本発明の該装置は、該シートが該貯留部を離れた後に該シートを所望の寸法に縮小するためのエッジローラセットも含む。該装置は、該エッジローラに加えて、該貯留部の外部に取り付けられた補助ローラを含んでもよく、該ローラの回転軸は該貯留部の出口から約 10mm 以下である。

[0021] 他の実施形態において、該装置は、該貯留部を離れる該シートの全幅をカバーする 1つ以上のローラを含み、該シートを成形するように構成されてもよい。

[0022] 本発明は、添付の図面を参照しながら、何ら限定的な意味を暗示することなく行う以下の説明の過程において、より容易に理解され、その他の目的、特徴、詳細及び利点がより明確になるであろう。

【図面の簡単な説明】

[0023] 【図 1】 図 1 は、ガラス基板材料の平板を製造する本発明の一実施形態を示す概略的な側面断面図であり、垂直軸から傾斜した多孔質壁によって形成される貯留部と、該貯留部へ流入するガラス基板材料の流れを示す。

[0024] 【図 2】 図 2 は、傾斜した該壁の斜視図と、それらの間に位置する該貯留部の別視図を示す。

[0025] 【図 3】 図 3 は、本発明の一実施形態による該装置の正面図を示し、補助ローラ、エッジローラ、及び該貯留部内のガラス基板材料のヘッドを示す。

[0026] 【図 4】 図 4 は、該貯留部の壁に隣接するガラス基板材料の接写側面断面図であり、該壁から該ガラス基板材料を分離する気体膜と、該多孔質壁を通る加圧ガスの流れを示す。

[0027] 【図 5】 図 5 は、本発明の一実施形態による装置の側面断面図であり、エッジローラを含む該装置内を流れるガラス基板材料の流れと、該ガラス基板材料のヘッドを示す。

[0028] 【図 6】 図 6 は、本発明の一実施形態による装置の一壁の断面図であり、気体膜形成用ガスが注入される該壁の構造内の通路と、温度調節流体を流すための該壁の少なくとも一部を囲む外郭を示す。

[0029] 【図 7a】 図 7a は、本発明の一実施形態による貯留部の上面図であり、該貯留部を形成する壁が、該壁の長さ方向に沿って垂直方向に変化する隙間によって隔てられている構成を示す。

[0030] 【図 7b】 図 7b は、本発明の一実施形態による貯留部の上面図であり、該貯留部を形成する壁が、該壁の長さ方向に沿って垂直方向に変化し、かつ該壁の幅方向に沿っても変化する隙間によって隔てられている構成を示す。

[0031] 【図 7c】 図 7c は、図 7b に示す該貯留部の一壁の上面図であり、水平方向に変化する該隙間を生じさせる該貯留部側の壁面の曲率を示す。

[0032] 【図 8】 図 8 は、本発明の装置の一実施形態の正面図であり、該貯留部を流れるガラス基板材料の一部が該貯留部壁の側縁を超えて延びている構成を示す。

[0033] 【図 9】 図 9 は、一対の補助ローラを隔てる距離を示す。

[0034] 【図 10】 図 10 は、補助ローラの該貯留部壁の側縁に対する位置関係を示す。

[0035] 【図 11】 図 11 は、本発明による装置の他の実施形態の断面図であり、該貯留部壁がシリンダーを含む構成を示す。

【発明を実施するための形態】

[0036] 図 1～3 に示すように、本発明の一実施形態は、ガラスまたはガラスセラミックス（以下「ガラス基板」材料と呼ぶ）材料 10 が、隙間 14（総称）を規定する 2 つの壁 12 の間を通過する構成を含む。図 1 は、本発明の一実施形態によるガラスシート引き出し装置の一部の側面断面図を示す。該ガラス基板材料 10 は供給システム 16 から流れ、該壁 12 間に蓄積され、該壁 12 間にガラス基板材料のヘッド 18 を形成する。本明細書において、「ヘッド」とは、該壁間に蓄積されたガラス基板材料の体積を指す。その後、該ガラス基板材料は、該ガラス基板材料 10 と該壁 12 との接触なしに、該壁の底部にある出口から流れる。各壁 12 は、垂直軸 X-X' に対して角度 θ を形成する。該壁は、基準文字 A で示される上部位置（レベル）から基準文字 B で示される下部位置（レベル）まで概ね垂直方向に延びており、各壁の対向する表面間の距離が該隙間 14 を定義する。

[0037] 図 1 に示すように、位置 A の上端から位置 B の下端までの間（即ち距離 L 内）における該壁のガラス側内面 20 は、概ね楔形を形成する。図 2 は、該壁 12 の斜視図を示し、該壁がさらに幅 W を有し、該幅 W が各壁の側縁 22, 22' で終端することを示す。該壁 12 の一端における側縁は 22 と示され、該壁 12 の反対端における側縁は 22' と示される。従って、各壁は側縁 22 と側縁 22' との間に距離 W だけ延びている。該壁 12 間の空間（該隙間 14 内）を占め、該壁 12 の幅 W にわたって且つ該壁 12 の上部 A から下部 B までの長さ L に沿って

延びる概ね楔形の体積は、以下「貯留部 24」と呼ぶ。該ガラス基板材料 10 は、該壁の上部にあるレベル A で該貯留部 24 に流入し、該壁の下部にあるレベル B で該貯留部 24 から流出する。後述する一実施形態では、該ガラス基板材料 10 の流れが水平方向に該側縁 22, 22' を超えて延び、該ガラス基板材料の一部が出口レベル B に達する前に該貯留部 24 の外側を流れる場合がある。図 1 に示す実施形態では、該ガラス基板材料は完全に該貯留部 24 内（即ち該縁 22, 22' 間）を流れ、水平方向に該縁 22, 22' を超えて延びない。

[0038] 該壁 12 は平面状に示されているが、用途に応じて凹面状、凸面状、またはその他の形状であってもよい。本明細書で説明する一実施形態において、該壁は多孔質シリンダを含む。

[0039] 該貯留部の隙間 14 は、好ましくは、該ガラス基板材料 10 の流路に沿って軸 X-X' 方向に下方に向かって垂直方向に変化する。より好ましくは、該隙間 14 は該材料 10 の流路の少なくとも一部に沿って減少する。該ガラス基板材料 10 の流路に沿った該隙間 14 の減少は、該壁 12 の少なくとも一方を移動させるか、または該壁 12 の少なくとも一方を該垂直軸 X-X' に対して約 $10^\circ \sim 45^\circ$ の角度 θ で傾斜させることによって有利に得られる。より好ましくは約 $10^\circ \sim 30^\circ$ 、最も好ましくは約 $15^\circ \sim 30^\circ$ の角度 θ である。より好ましくは、両壁 12 が該垂直軸 X-X' に対して同じ角度で傾斜している。図 1 に示すように、該隙間 14 は好ましくは、該材料 10 の流路に沿って、該貯留部入口位置 A での最大値から該貯留部出口位置 B での最小値まで減少する。

[0040] 該貯留部 24 の機能は、液体、半液体またはペースト状の状態にある該ガラス基板材料 10 の流れを該供給システム 16 から受け取り、半固体状態の該ガラス基板材料 10 のシートを該出口位置 B で供給することである。該供給システム 16 はプラチナまたはプラチナ合金で構成されてもよく、これにより高温（例えば約 $1400^\circ\text{C} \sim 1500^\circ\text{C}$ 程度）で該ガラス基板材料 10 を供給することが可能となり、液相線粘度が低い（例えば 1000 ポアズ程度まで低い）硬質ガラスやガラスセラミックスを処理できる。しかしながら、該供給システム 16 は他の耐火材料で作製されてもよい。例えば、該供給システム 16 はセラミック材料を含んでもよい。

[0041] 好ましい実施形態において、該供給シ

ステム 16 は、ガラスが三角形のトラフの両側にオーバーフローするオーバーフロートラフを含む。当技術分野でイソパイプとして知られるようになった該オーバーフロートラフについては、例えば Dockerty による米国特許第 3,338,696 号（その内容は参照により本明細書に全体として組み込まれる）に記載されている。該イソパイプ本体の両側にそれぞれ存在する 2 つのガラス流は、該イソパイプの底部頂点で合流し、それによりプリスティン（無欠陥）な外面を有するガラス基板材料の流れを形成する。該イソパイプを含む供給システムによって形成されるプリスティンな外面は、高品質な表面を有するガラス基板材料の流れを該貯留部 24 に供給することにより、本発明によって供給される該ガラス基板材料の表面品質を有利に向上させる。好ましくは、該貯留部 24 内における該ガラス基板材料の滞留時間は約 1 分未満である。

[0042] 該貯留部 24 に流入し通過する該ガラス基板材料のプリスティンな特性を維持するためには、該ガラス基板材料と該貯留部壁との接触を回避することが望ましい。該貯留部壁との接触は、壁から該ガラス基板材料への汚染物質の移行や、ガラス表面の欠陥発生を引き起こす可能性がある。しかしながら、該ガラス基板材料 10 が該貯留部 24 を通過する際に「未接触」（接触なし）の状態を保つため、高品質な表面仕上げが得られ、これはディスプレイ用途において特に重要である。さらに、表面汚染が生じることもない。図 3 は、図 1 の実施形態の正面図を示し、エッジローラ 26 の視図を含む。

[0043] 該貯留部 24 の壁 12 と、該貯留部内に蓄積され通過する該ガラス基板材料 10 の流れとの接触を防止するための好ましい方法は、該貯留部壁 12 の内面と該ガラス基板材料 10 との間に気体膜を形成することである。この構成は、本実施形態による装置の一部を示す図 4 に最も明確に示されている。該気体膜 28 は、該多孔質壁のガラス側面 20 とは反対側の面 32 において、矢印 30 で示される加圧気体を供給することにより生成され得る。該気体 30 は該多孔質壁の細孔を通過して流れる。該気体は好ましくは空気であるが、窒素やヘリウムなどの不活性ガス、または不活性ガスの混合物であってもよい。本発明の一つの好ましい実施形態において、該貯留部壁 12 は黒鉛で構成される。その他の適切な材料としては、多

孔質ステンレス鋼、多孔質ニッケル合金、または多孔質セラミックが挙げられる。図 5 に示すように、該壁 12 の周囲に気密外郭 34 を設けることが有利である。この実施形態では、該気体 30 は該気密外郭 34 内に該入口 36 から加圧注入され、その後該貯留部壁 12 の細孔を通過して面 32 から面 20 へ流れ、面 20 から排出されて、該貯留部壁と該貯留部を通過する該ガラス基板材料 10 との間に該気体膜 28 を形成する。

[0044] 図 6 に示すように、該気体膜は、該貯留部壁の内部を貫通するダクトまたは通路 38 に加圧気体 30 を注入することによっても形成され得る。該通路 38 は同じサイズであってもよく、または異なるサイズであってもよい。好ましくは、該通路 38 は該壁 12 内で幅 W に沿って水平方向に延びる。より好ましくは、該通路 38 の直径は、該ガラス基板材料の流れ方向、すなわち垂直方向に上から下に向かって増加し、下部の通路は一般に上部の通路よりも大きな直径を有する。該通路 38 は、典型的には、該貯留部側壁面 20 から約 5mm 未満の距離に位置する。より好ましくは約 4mm 未満、最も好ましくは約 4mm～3mm の距離に位置する。好ましくは、該通路 38 は、該貯留部の上部入口位置 A 付近よりも、該貯留部の出口（すなわち出口レベル B）付近において、該壁 12 の面 20 に近い位置にある。該通路 38 は気体 30 によって加圧される。該気体 30 はその後、該面 20 の細孔を通過して該壁 12 から排出され、該貯留部壁 12 のガラス側面 20 と、該貯留部 24 を通過する該ガラス基板材料 10 との間に所望の気体膜 28 を形成する。該気体は空気であってもよいが、より好ましくは、例えば窒素などの不活性ガスである。図 1 及び図 4 に示す実施形態と同様に、本実施形態による該通路 38 を含む各壁 12 は、有利には、該貯留部壁 12 の周囲に外郭 34' を含んでもよい。図 6 に示すように、該外郭 34' は通常、該入口 36' と該出口 40 を含み、温度調節流体 42 がそれぞれ該外郭に流入及び流出できるようになっており、これにより該貯留部壁 12 の冷却、または必要に応じて加熱が可能となる。該温度調節流体 42 は、該壁の温度を制御するために冷却または加熱されてもよい。該温度調節流体は、空気や不活性ガスなどの気体を含んでもよく、または水などの液体を含んでもよい。温度調節流体を冷却または加熱する方法は周知である。好ましくは、該外郭 34' は該壁面 32 全体にわたって延びており、該気体 30 と該温度調

節流体 42 とが混合しないようになっている。

[0045] 本実施形態によれば、該貯留部壁面 20 と該貯留部内のガラス流との間の気体膜厚さは、該気体通路 38 の数を増減すること、該通路に供給される気体の圧力を調整すること、または該通路 38 と該貯留部壁のガラス側面 20 との間の距離によって制御され得る。例えば、該気体膜厚さは、該通路に供給される気体の圧力を増加させること、または該通路 38 と該壁のガラス側面 20 との間の距離を減少させることによって増加させ得る。同様に、前記実施形態による気体膜厚さは、例えば該外郭 34 に供給される該気体 30 の圧力を増加させることによって制御され得る。

[0046] 該ガラス基板材料シートの所望の寸法は、該貯留部 24 を離れる該シートを引き出すこと、例えば該貯留部 24 の出口レベル B 下方に位置し、該ガラス基板材料シートの縁端が通過する一対のエッジローラによって、得られ得る。少なくとも一組の該エッジローラ 26 (図 3 及び図 5) は、該貯留部の出口レベル B の下方 (該ガラス基板材料の流れ方向に対して下流側) に配置され得る。「組」とは、対向し逆回転する二対のローラ、すなわち該ガラスシート的一端にある第一のエッジローラ対と、該シートの反対端にある第二のエッジローラ対を意味する。該エッジローラ 26 は、該ガラス流に下方向きの力を加えることによって引き出し、また該シートを所望の幅と厚みに案内し成形するためにも使用され得る。

[0047] 該エッジローラはモーター (図示せず) によって駆動され、互いに逆方向に回転することで該ガラス基板材料シートに引張力を加える。該引張力は、引き出される該ガラス基板材料シートの垂直方向粘度勾配、該シートの下方引き出し速度、該貯留部壁の垂直軸からの角度 θ 、該貯留部壁の温度 (特に該ガラス側面 20 の温度)、及び該エッジローラの温度などの関数である。該引張力は、例えば、前述のように該貯留部壁 12 を冷却することなどによって該壁の温度を変化させ、それにより粘度勾配を変化させることで調整され得る。なお、複数のエッジローラ組を使用して該ガラスシートを引き出し延伸してもよい。該エッジローラは通常、刻み目や歯を有する、またはその他の該ガラスシートの引き出しを助ける表面を備えているが、それゆえに該ガラス基板材料 10 のシートの縁端を損傷する可能性がある。本発明の製造プロセスは、所望の高表面品質

を有するガラス基板材料シートを得るために、これらの損傷した縁端を切断または除去するステップを好ましくは含む。滑らかな表面を有する他のエッジローラ (図示せず) も、通常は該刻み目付きエッジローラの下流 (該ガラス基板材料の流れ方向に対して) に配置され、該ガラスシートを案内するために使用され得る。

[0048] 有利なことに、非接触壁を用いる従来技術の方法とは対照的に、本発明による該貯留部 24 の出口位置 B から出る該ガラス基板材料シートは、好ましくは、該シートの幅や厚みなどの寸法を変更できなくなるような粘度には達していない。換言すれば、本発明による該貯留部から出る該シートの粘度は十分に低く、出口位置 B で該貯留部 24 を離れた後でも、該シートの幅や厚みを変更することが可能である。特に、該貯留部 24 から出る該シートの厚み 44 (図 1) は、前述のように該エッジローラ 26 間を通過させることでさらに減少させることが好ましい。連続するエッジローラ組は、該貯留部 24 から出る該ガラス基板材料を引き出しながら次第に薄くし、該シートが少なくとも一組の該エッジローラ 26 を通過した後、位置 C (図 5) で所定の永久厚み 46 に達する。図 5 は位置 B と位置 C の間に 3 組のエッジローラを示しているが、所望の厚みに応じて、3 組より多くてもよく、または 3 組より少なくてもよい。好ましくは、位置 B で該貯留部から出る該ガラス基板シートの粘度は約 10^7 ポアズ未満、より好ましくは約 500,000 ポアズ未満、最も好ましくは約 25,000 ~ 500,000 ポアズの範囲である。約 10^7 ポアズ未満の粘度は、本発明の方法にさらなる柔軟性を与え、該ガラスシートを 1 組以上のエッジローラに通すことで、好ましくは約 3mm 未満の厚みのガラス基板シートの製造を容易にする。より好ましくは約 1mm 未満の厚みも達成可能である。本発明の方法及び本明細書で開示される装置を使用すれば、厚み $150\mu\text{m}$ 未満のガラス基板シートを有利に製造できる。約 $150\mu\text{m}$ 未満のシート厚みでは、固化したシートをロール状に巻き取ることが可能であり、例えばシートをロールまたは円筒形の型に巻き付けることができる。約 $150\mu\text{m}$ 未満の厚み 46 を有する該ガラス基板材料シートは、例えばフレキシブルディスプレイの製造に使用され得る。該ガラスシートを保護するために、必要に応じて、該シートをアクリレートなどの適切なポリマーコーティングで被覆してもよ

い。

[0049] 必要に応じて、特にガラスセラミック調理トップの製造において、本発明の方法は、該ガラス基板材料シートを適切なローラ間を通すことで平板に成形表面を与えるステップも含み得る。この目的のために、本発明の装置は、該エッジローラ 26 に加えて、または該エッジローラ 26 の代わりに、該貯留部 24 を離れる該シートの全幅にわたる刻印ローラ（図示せず）を含んでもよい。このような刻印ローラは、該ガラス表面に所定のパターンを刻印するために使用され得る。

[0050] 該貯留部 24 の入口 A から出口位置 B までの実質的に長方形の水平断面の寸法を適切に選択し、かつ該壁 12 の温度と該ガラス基板材料 10 の流量を制御することにより、該ガラス基板材料を漸次冷却して、該貯留部出口位置 B において所望の粘度を得ることができる。

[0051] 該ガラス基板材料 10 が該貯留部 24 を通過し、該ガラス基板材料 10 の実質的に長方形の流路断面が該貯留部 24 から流出する際、該貯留部 24 内に該ガラス基板材料 10 のヘッド 18 を蓄積させることが望ましい。しかしながら、該ガラス基板材料 10 が該貯留部 24 を通過する際の挙動は、該貯留部 24 の幅 W 全体に均一に広がった該ガラス基板材料 10 の流れが、該貯留部出口位置 B からの該ガラス基板材料 10 の流れを不安定にし、該貯留部出口位置 B における材料の一定厚みを維持することを困難にする可能性がある。このような現象は、表面張力効果、または該ガラス基板材料の幅方向にわたる不均一な冷却の結果であると考えられる。このような効果は、材料流れが受ける抵抗（インピーダンス）に影響を及ぼし、該インピーダンスは、幅 W に沿った中央位置における該ガラス基板材料の流れと比較して、該壁 10 の側縁 22,22' 近傍の流れ領域で大きく異なる可能性がある。したがって、該ガラス基板材料の流路に沿った圧力降下は、流れの外側部分で中央部分よりも大きくなる可能性がある。よって、流れの幅方向にわたるインピーダンスの差異を補償し、少なくとも流れの幅方向にわたる垂直方向の圧力降下を均等化することが望ましい。

[0052] このインピーダンスの差異を補償するために、いくつかの方法が使用され得る。本発明の一実施形態において、該供給システム 16 は、該貯留部 24 の該壁 12 の側縁 22,22' に隣接する領域への該材料 10 の供給量を、該貯留部

の中央部分への該材料 10 の供給量よりも少なくするように適応されている（図 3 において該壁 12 は破線で示されている）。すなわち、該貯留部 24 の中心への該ガラス基板材料 10 の流量は、該貯留部 24 の縁端への該ガラス基板材料 10 の流量よりも大きくされる。この場合、該供給システムの幅方向にわたって該ガラス基板材料の流量が実質的に一定であることが好ましく、例外として該流れの外側縁端部において、該縁端 22,22' 付近の流量が該流れの中央部分よりも大きくなる。これは、該供給システム 16 の幅方向にわたる該ガラス基板材料の相対流量を示す流線 48 によって図 3 に示されており、該ガラス基板材料は該貯留部 24 に供給される。各流線の長さは相対流量を表し、長い線は短い線よりも大きな流量を示す。好ましくは、該流量供給システムの外側縁端から出る該ガラス基板材料の流量は、該壁 12 の側縁 22,22' における壁間の流量が該壁間の中央位置における流量の約 10%~30% となるようにされる。より好ましくは約 20%、最も好ましくは約 30% である。好ましくは、該壁の側縁 22,22' から 200mm 以内の流量は、該壁間の中央位置における流量よりも約 10%~30% 少ない。

[0053] 他の実施形態では、該隙間 14 は該貯留部の幅 W にわたって変化し、該壁 12 の側縁 22,22' 付近での該隙間 14 が、幅 W の中央位置よりも大きくなり得る。この構成は図 7a~7c を参照することでより明確に理解できる。図 7a は、該壁 12 の上面図を示し、該隙間 14 が該壁の上部（一般的な隙間 14 は壁の上部で 14A と表示）から該壁の下部（14B と表示）まで垂直方向に変化する。隙間 14A と隙間 14B は異なるが、いずれの隙間も幅 W にわたって一定である。一方、図 7b は、該壁 12 間の隙間が幅 W の少なくとも一部にわたって水平方向に変化する構成を示す。明確化のために、図 7b の単一壁の真上からの視図が図 7c に示されている。図 7b において該壁 12 の側縁付近でより大きな隙間を有する結果、該隙間 14 が最大となる側縁付近での該ガラス基板材料 10 の流れに対する抵抗は、より小さい隙間を有する該壁間の中央位置における材料の流れよりも小さくなる。好ましくは、該隙間 14 は、該壁 12 の側縁において、該貯留部の幅方向の中央位置よりも約 0.5mm~1mm 大きい。該拡大された隙間は、該側縁 22,22' から該壁の中心方向に少なくとも約 10mm、より好ましくは少なくとも約 30mm 延びている必要がある。上記領

域内で該隙間距離が垂直方向に均一である必要はない。例えば、該隙間 14 は、該貯留部の上部（入口）では水平方向に一定であってもよいが、該貯留部の下部（出口）では水平方向に変化してもよい。該隙間 14 は、好ましくは、該貯留部の縁端部での隙間が、該貯留部の中央位置よりも該側縁 22,22' 付近で大きく、少なくとも該貯留部の下部にわたって変化する。好ましくは、該隙間 14 の変化は急激ではなく、徐々に行われるべきである。

[0054] 図 8 に示されるさらに別の実施形態では、一組の補助ローラ 50 が該貯留部出口位置 B の近傍に設けられ、該ローラ 50 は本実施形態において該壁（したがって該貯留部 24）の該側縁 22,22' の外側を流れる可能性のある該ガラス基板材料 10（部分 52）の流れを制御するため、該貯留部出口とほぼ同じ高さの位置に配置される。さらに、該補助ローラ 50 は、該貯留部の該側縁 22,22' の外側にある該ガラス基板材料 10 のシートの縁端（部分 52）を加熱または冷却するために使用され得、それにより部分 52 の粘度を制御する。該補助ローラ 50 は、冷却剤を供給することによって冷却され得る。好ましくは、該補助ローラ 50 は、冷却剤を流すための少なくとも 1 つの流路を各ローラ内に有する。該補助ローラによる該ガラス基板材料の部分 52 の冷却は、該材料の縁端が高粘度フレームを形成することを可能にし、これにより該シートが該補助ローラ 50 と該エッジローラ 26 の間を移動する際のシートの薄化を助ける。該補助ローラ 50 は、該シートの幅を減少させることなく、該シートにかかるせん断応力を増加させることを容易にする。好ましくは、該エッジローラ 26 は、該補助ローラの冷却と同様の方法で冷却される。好ましくは、対向する該補助ローラ 50 の最接近部分間の距離 54（図 9）は、該貯留部出口位置 B からの高さ h （図 10）における該壁 12 間の該隙間 14 よりも約 0.1~1.5mm 小さい。ここで、 h は該補助ローラの回転軸 56 の高さに等しい（一組の補助ローラの回転軸は好ましくは共通平面上にある）。すなわち、該出口位置 B 上方の該軸 56 の位置と同じ垂直位置における該隙間 14 は、好ましくは該距離 54 よりも約 0.1~1.5mm 大きい。

[0055] 該補助ローラは、2 つの動作モードのいずれかで作動され得る。第 1 のモードでは、対向するローラ間の距離が一定であり、これにより該貯留部を出る該ガラスシートの縁端

厚みが一定に保たれる。第 2 のモードでは、該引き出しプロセス中に該エッジローラ間の距離が変化し得、これにより該ガラスシートの縁端に一定の圧力が加えられる。図 10 に示すように、該補助ローラ 50 と該壁 12 の該側縁 22,22' との間の距離 53 は、約 2mm~5mm であることが好ましい。該補助ローラ 50 の線速度、すなわち該ローラの円周に接する位置での速度は、該貯留部から引き出される該ガラスシートの所望の厚みに依存する。しかしながら、該補助ローラ 50 の線速度は、典型的には、該出口位置 B 後の最初の該エッジローラ 26 の速度よりも約 5% 低いものから約 20% 低いものまでの範囲である。

[0056] したがって、任意の時点において、該貯留部 24 の中央領域に位置する所定の第 1 の体積（該貯留部の入口から出口まで垂直方向に延び、かつ所定の幅にわたる体積）内に存在する該ガラス基板材料の量は、該貯留部の側縁に隣接して位置する所定の第 2 の体積（該第 1 の体積と等しい）内に存在する該材料 10 の量よりも大きい。より簡単に言えば、該貯留部の中央部分におけるガラスのヘッドは、該貯留部の縁端部におけるものよりも大きい。図示のように、該ガラス基板材料の量は、該貯留部の縁端部に隣接する部分よりも、該貯留部の中央部分においてより大きい。

[0057] 該エッジローラ及び／又は補助ローラに必要な引張力は、該隙間 14 を変更すること（例えば全体的な隙間を減少させること）によっても調整可能であり、これにより必要な引張力を増加させ得る。該引張力は、該側壁 12 の該垂直軸 X-X' に対する傾斜角度を変更することによっても調整可能である（傾斜角度を増加させると必要な引張力が増加する）。

[0058] 上述した本発明のプロセスの最終段階において、最終的なエッジローラ組から位置 C で固体シート 60 が得られ、該ガラスシート 60 は所定の厚みを有し、好ましくは約 3mm 未満、より好ましくは 1mm 未満である。本発明の方法及び装置は、あらゆるガラス基板材料から高表面品質の平板を製造するために使用され得る。好ましい材料は、ディスプレイ用途向けの非常に高い歪み点を有するガラス及びガラスセラミックス、アルカリフリーガラス、並びに高温において特殊な誘電特性を有するガラス及び／又はガラスセラミックスである。

[0059] 本発明の他の実施形態では、図 11 に示すように、前記実施形態の傾斜した概ね固定

式の貯留部壁を、2つの回転シリンダ 62（ドラム）で置き換えることができる。該シリンダ壁 64 は、前記実施形態で説明したものと同一多孔質材料（例えば黒鉛、セラミック等）で形成され得る。好ましくは、該シリンダは対向し逆回転する関係にある。図 11 は、該貯留部出口での動きが下方向きとなるようにシリンダが回転する様子を示しているが、該シリンダは、該貯留部出口での動きが上方向きとなるように回転させてもよい。該貯留部の長さ L' は、該シリンダの頂部から、レベル A の貯留部入口とレベル B の貯留部出口との間にある該シリンダの垂直直径の中間点まで延びる。前記実施形態と同様に、該貯留部に流入する該ガラス基板材料は、気体膜によって該シリンダとの接触が防止される。該気体膜は、該シリンダの中空内部 68 に適切な気体 30 を注入することによって形成される。該気体 30 は、該シリンダの多孔質壁を通して該シリンダから排出され、該貯留部を流れるガラスと該シリンダ壁の外表面との間にクッションを形成する。レベル A からレベル B までの該貯留部（シリンダ壁）間の該隙間 14 は、長さ L に沿って変化し、該貯留部の頂部から底部に向かう方向に小さくなる。本実施形態では、該貯留部 24 の頂部から底部までの該隙間 14 の変化は非線形的である。

[0060] 有利なことに、該貯留部 24 に回転円筒壁を使用することで、該壁の構造的な変動を最小限に抑え、したがって温度勾配による貯留部形状の変形を最小限に抑えることができる。該回転円筒壁で発生する可能性のある熱応力は円筒状に分布するため、前記実施形態の壁と比較して該円筒壁の変形が起りにくい。

[0061] また、前記実施形態と同様に、該隙間 14 は該貯留部の幅 W にわたっても変化し得、該円筒の縁端に隣接する領域がわずかに傾斜しているため、該円筒間の該隙間 14 は、幅 W の中央領域よりも該円筒縁端付近で大きくなる。該隙間の変化は、前記実施形態における隙間の変化と同様であってもよい。

[0062] 前述のように、該ガラス基板材料 10 はイソパイプ 66 によって該貯留部 24 に供給され得るか、または図 1 に例示するスロットフィーダーやオーバーフロートラフ（該ガラス基板材料が該トラフの片面のみからオーバーフローする場合）などの他の手段によって供給され得る。円筒パイプからの供給など、他の

供給システムも可能である。ただし、円筒パイプからの供給は、該貯留部の幅方向にわたって均一な流れを得ることがより困難になるため、より好ましくない。

[0063] もちろん、本発明は上述した実施形態及び図示例に何ら限定されるものではなく、これらはあくまで本発明の純粹に例示的かつ非限定的な説明として提示されたものである。

[0064] したがって、例えば、該気体膜を生成するために使用される気体は、空気、窒素またはヘリウム以外の任意の気体であってもよく、該貯留部 24 の多孔質壁を得るための該多孔質材料は、黒鉛、多孔質ステンレス鋼、ニッケル合金または多孔質セラミックに限定されない。

[0065] また、本発明の装置は、該貯留部 24 の水平断面の幅（すなわち該隙間 14）が該貯留部の入口から出口に向かって連続的に減少する構成で図示されているが、該貯留部 24 は、該ガラス基板材料の流路の一部に沿って一定断面を有する第 1 の上部と、該材料の流路に沿って断面が減少する第 2 の下部とを有する構成であってもよい。必要に応じて、逆の配置も使用され得る。同様に、断面が減少する部分の前後に一定断面部分を有するこれら 2 つの配置の組み合わせを使用することも可能である。同様に、本発明の装置は、断面が減少する複数の部分を含んでもよい。

実施例

[0066] 供給システムスロットから 2kg/hour/cm のガラス流が確立された。供給されたガラスの粘度は 1,500 ポアズであった。該ガラスは、2つの黒鉛壁からなる中空の貯留部に供給され、各黒鉛壁は気密外郭で裏打ちされていた。該気密外郭には 6.5 気圧の窒素が供給された。各黒鉛壁は垂直軸から 15° 傾斜しており、該壁間の隙間は側壁上部で下部よりも大きかった。該壁の対向面は側壁の幅方向にわたって変化し、該壁の外側縁端部での隙間が該壁間の中央位置よりも大きく、該壁の水平側縁端部での隙間は中央位置よりも約 1.5mm 大きかった。該黒鉛壁は、該気密外郭に供給されるガスを冷却することにより約 450°C に維持された。約 50,000~100,000 ポアズの粘度を有するガラスシートが該貯留部の出口から引き出された。1mm~2.2mm の厚みを有するガラスシートが形成された。

[0067] 当業者には明らかなように、本発明の精神及び範囲から逸脱することなく、本発明

に様々な他の変更及び修正を加えることができる。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲及びその均等物の範囲内に含まれる本発明の変更及び修正を包含するものとする。

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】 ガラス基板材料の平板を引き出す方法であって、

前記ガラス基板材料 (10) を供給システム (16) から、2つの多孔質壁 (12) 間に設けられた貯留部 (24) に供給するステップと、

前記貯留部は垂直方向の長さ (L) と、前記壁の側縁 (22, 22') 間の水平方向の幅 (W) とを有し、前記貯留部の垂直方向の長さに沿って変化する前記壁間の隙間 (14) を含み、前記材料は前記壁から気体膜 (28) によって隔離されているステップと、

前記貯留部の出口から前記ガラス基板材料をシート状に引き出すステップと、

を包含し、

前記貯留部に供給される前記ガラス基板材料の流れが、前記貯留部の幅方向にわたって変化する、方法。

【請求項 2】 前記貯留部の中央部に供給される前記ガラス基板材料の流れが、前記側縁に隣接する前記貯留部の領域に供給される流れよりも大きい、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】 前記側縁に隣接して供給される前記流れが、前記中央部に供給される前記流れの約 10% から約 30% の範囲内であることを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】 前記貯留部の出口において、前記ガラス基板材料の粘度が約 100,000 ポアズ未満であることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】 前記気体膜が、前記ガラス基板材料の流れ方向に沿ってサイズが変化する通路 (38) を介して、前記多孔質壁の細孔に気体 (30) を供給することによって形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】 前記通路が、前記ガラス基板材料の流れ方向に向かってサイズが増大す

る、請求項 5 に記載の方法

【請求項 7】 前記貯留部に供給される前記ガラス基板材料の一部が前記貯留部壁の外側縁を超えて延びており、前記引き出すステップが、前記側縁を超えて延びる前記ガラス基板材料を前記側縁に隣接する対向ローラ (50) で接触させることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】 前記対向ローラの回転軸 (56) が、前記貯留部の出口レベル (B) から約 10mm 以下である、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】 前記ガラス基板材料のシートが引き出される際に、前記対向ローラを隔てる距離 (54) が一定に維持される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】 前記ガラス基板材料のシートが引き出される際に、前記対向ローラを隔てる距離 (54) が変化する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】 前記貯留部壁が 2 つの回転可能な多孔質シリンダ (62) によって形成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】 前記貯留部の中央部における前記ガラス基板材料のヘッドが、前記側縁に隣接する前記貯留部の領域における前記ガラス基板材料のヘッドよりも大きい、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】 ガラス基板材料の平板を引き出す方法であって、

前記ガラス基板材料 (10) を供給システム (16) から、2つの多孔質壁 (12) 間に設けられた貯留部 (24) に供給するステップと、

前記貯留部は垂直方向の長さ (L) と、前記壁の側縁 (22, 22') 間の水平方向の幅 (W) とを有し、前記貯留部の垂直方向の長さに沿って変化する前記壁間の隙間 (14) を含み、前記材料は前記壁から気体膜 (28) によって隔離されているステップと、

前記貯留部の出口から前記ガラス基板材料をシート状に引き出すステップと、

を包含し、

前記隙間が前記貯留部の水平方向の幅にわたって変化することを特徴とする方法。

【請求項 14】 前記隙間が前記貯留部の側縁において、前記貯留部の中央部におけるよりも大きいことを特徴とする、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】 ガラス基板材料の平板を引き出すための装置であって

多孔質壁(12)を含む貯留部と、

前記壁は、前記ガラス基板材料の流れを収容するための前記壁間に隙間(14)を規定し、前記隙間は前記貯留部の垂直方向の長さの少なくとも一部にわたって変化し、

前記装置は、前記ガラス基板材料のシートを引き出すために、前記貯留部の側縁(22, 22')に隣接して回転可能に取り付けられた対向ローラ(50)を含む、装置。

【請求項 16】 前記ローラが冷却される、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 17】 前記壁が、前記多孔質壁の細孔に気体を供給するために、前記貯留部の垂直方向の長さ(L)に沿ってサイズが変化する通路(38)を含む、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 18】 前記隙間が前記貯留部の幅方向にわたって変化す、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 19】 前記ローラの回転軸(56)が前記貯留部の出口から約 10mm 以下である、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 20】 前記壁が回転可能な多孔質シリンダ(62)を含む、請求項 15 に記載の装置。

* * * * *