

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5539995号
(P5539995)

(45) 発行日 平成26年7月2日(2014.7.2)

(24) 登録日 平成26年5月9日(2014.5.9)

(51) Int.Cl.
B 6 5 G 49/06 (2006.01)

F I
B 6 5 G 49/06 Z

請求項の数 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2011-529299 (P2011-529299)	(73) 特許権者	397068274
(86) (22) 出願日	平成21年9月28日 (2009.9.28)		コーニング インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2012-504084 (P2012-504084A)		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
(43) 公表日	平成24年2月16日 (2012.2.16)		31 コーニング リヴァーフロント プ
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/058537		ラザ 1
(87) 国際公開番号	W02010/036993	(74) 代理人	100073184
(87) 国際公開日	平成22年4月1日 (2010.4.1)		弁理士 柳田 征史
審査請求日	平成24年4月25日 (2012.4.25)	(74) 代理人	100090468
(31) 優先権主張番号	61/100,486		弁理士 佐久間 剛
(32) 優先日	平成20年9月26日 (2008.9.26)	(72) 発明者	クドヴァ, ガウタム エヌ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
(31) 優先権主張番号	12/428,672		45 ホースヘッズ エスターズ ウエイ
(32) 優先日	平成21年4月23日 (2009.4.23)		110
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガラスシートを搬送するための液体噴出ベアリング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガラスシートを実質的に鉛直向きで搬送する方法であって、

(a) 前記シートのエッジと接触して該シートを搬送速度で移動させるように構成された、移動コンベヤを提供するステップ、

(b) 液体を前記シートの主表面の一部に対して噴出するように構成された、非接触ベアリングを提供するステップ、および、

(c) 前記シートの前記エッジを前記移動コンベヤに接触させ、かつ該シートを前記搬送速度で移動させると同時に、前記非接触ベアリングから前記シートの主表面の前記一部に対して液体を噴出するステップ、を含み、

前記非接触ベアリングが、前記シートの主表面の前記一部に対して前記液体を噴出する複数のオリフィスを備え、さらに以下の特性：

(i) 前記非接触ベアリングから噴出される前記液体の、前記複数のオリフィス全体に亘って平均された流量が、100～800 mL/min/オリフィスの範囲内であること、

(ii) 前記オリフィスの平均水平ピッチが、20～55 mmの範囲内であること、および、

(iii) 前記オリフィスの平均サイズが、1.0～4.5 mmの範囲内であること、のうち、少なくとも1つを有することを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記特性 (i) を有する場合、前記非接触ベアリングから噴出される前記液体の、前記複数のオリフィス全体に亘って平均された前記流量が $125 \sim 300 \text{ mL/min}$ /オリフィスの範囲内であり、

前記特性 (i i) を有する場合、前記オリフィスの平均水平ピッチが $25 \sim 50 \text{ mm}$ の範囲内であり、さらに、

前記特性 (i i i) を有する場合、前記オリフィスの平均サイズが $1.0 \sim 3.5 \text{ mm}$ の範囲内であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記特性 (i) を有する場合、前記非接触ベアリングから噴出される前記液体の、前記複数のオリフィス全体に亘って平均された前記流量が $150 \sim 190 \text{ mL/min}$ /オリフィスの範囲内であり、

10

前記特性 (i i) を有する場合、前記オリフィスの平均水平ピッチが $30 \sim 40 \text{ mm}$ の範囲内であり、さらに、

前記特性 (i i i) を有する場合、前記オリフィスの平均サイズが $1.25 \sim 2.25 \text{ mm}$ の範囲内であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

特性 (i) および (i i) を有することを特徴とする請求項 1 から 3 いずれか 1 項記載の方法。

【請求項 5】

特性 (i) および (i i i) を有することを特徴とする請求項 1 から 3 いずれか 1 項記載の方法。

20

【請求項 6】

特性 (i)、(i i)、および (i i i) を有することを特徴とする請求項 1 から 3 いずれか 1 項記載の方法。

【請求項 7】

前記シートの前記主表面に加えられる合力が -0.6 N から $+0.6 \text{ N}$ の範囲内であるという特性をさらに有することを特徴とする請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載の方法。

【請求項 8】

その弾性率が 73 GPa でありかつその大きさが長さ 2 m 、高さ 2 m 、および厚さ 0.7 mm であるガラスシートを搬送するときに、 15 m/min の搬送速度に対し、前記シートと前記ベアリングの前面との間の間隔を所定時間にて平均した間隔が、該前面上の全ての点で $500 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲内であり、かつ、前記所定時間にて平均した間隔の最大変動が、前記前面上の全ての点で $100 \mu\text{m}$ 以下であるという特性をさらに有することを特徴とする請求項 1 から 7 いずれか 1 項記載の方法。

30

【請求項 9】

(d) 前記ガラスシートの主表面の上方部分に対して液体を噴出するステップ、および、

(e) 前記ガラスシートの前記主表面の下方部分に対して液体を噴出するステップ、をさらに含み、

(i v) 前記上方部分が前記下方部分の鉛直上方にあり、かつ、

40

(v) 前記上方部分に対して噴出された単位時間当たりの液体の量が、前記下方部分に対して噴出された単位時間当たりの液体の量よりも多い、ことを特徴とする請求項 1 から 8 いずれか 1 項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の説明】

【0001】

本明細書は、「ガラスシートを搬送するための液体噴出ベアリング (Liquid-Ejecting Bearings for Transport of Glass Sheets)」と題する 2008 年 9 月 26 日に出願された米国仮特許出願第 61/100,486 号、および「ガラスシートを搬送するための液体噴出ベアリング (Liquid-Ejecting Bearings for Transport of Glass Sheets)」と題

50

する2009年4月23日に出願された米国特許出願第12/428,672号の利益を主張するものである。

【技術分野】

【0002】

本発明は、例えば液晶ディスプレイ(LCD)の製造に基板として用いられるガラスシートなどのガラスシートを搬送する方法および装置に関する。より具体的には、本発明は、ガラスシートを、その主表面に機械的に接触することなく搬送するものに関する。

【背景技術】

【0003】

液晶ディスプレイ用基板を製造するプロセスにはいくつかのステップが含まれるが、その中でガラスシートを、シートの主表面を損傷することなく、そして特に薄膜トランジスタやカラーフィルタなどのディスプレイ部品が形成されるシートの「高品質」面に損傷を与えることなく、支持および搬送する必要がある。例えば、基板製造プロセス中には、シートをサイズに切断し、エッジ研磨し、洗浄し、そして梱包して輸送する、あるいはディスプレイ製造業者に提供する必要がある。これらのステップを実施する間には、シートをステーション間で搬送する必要があるだけでなく、1つのステップの間にシートの向きを変える(回転させる)ことを要する場合もある。

【0004】

シートサイズの全長はこれまでに1mから2m超まで拡大したが、シートの厚さはこれに付随して増加してはいないため、シートの横剛性は著しく減少した。それと同時に、搬送速度要求は、一定のままであるか、あるいは増加された。すなわち、液晶ディスプレイ用ガラス基板の搬送に関する今日存在している問題点は、その機械的性質がティッシュペーパーのそれとそう違わないような大型のガラスシートを、シートの主表面に接触することなく高速で移動させようという試みであると言い表すことができる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、シートを安定させるような、すなわち搬送中にシートの横方向の動き、つまり搬送方向に垂直な方向へのシートの動きを低減させるような、パターンおよび速度で、シートの主表面の少なくとも一方に対して液体(例えば、水)を噴出する、非接触ベアリングを提供することによって、この問題に対処する。この手法によれば、大型かつ薄型のガラスシートを高速で安全に搬送することができる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

第1の態様によれば、本発明は、ガラスシート(13)を実質的に鉛直向きで搬送する方法であって、

(a)シート(13)のエッジと接触してシート(13)を搬送速度で移動させるように構成された、移動コンベヤ(2)を提供するステップ、

(b)液体(40)をシート(13)の主表面の一部に対して噴出するように構成された、非接触ベアリング(3)を提供するステップ、および、

(c)シート(13)のエッジを移動コンベヤ(2)に接触させ、かつこのシート(13)を搬送速度で移動させると同時に、非接触ベアリング(3)からシート(13)の主表面の一部に対して液体(40)を噴出するステップ、を含み、

非接触ベアリング(3)が、シート(13)の主表面の一部に対して液体(40)を噴出する複数のオリフィス(22)を備え、さらに以下の特性、すなわち、

(i)非接触ベアリング(3)から噴出される液体(40)の、オリフィス(22)全体に亘って平均された流量が、100~800mL/min/オリフィスの範囲内である、または、

(ii)オリフィス(22)の平均水平ピッチ(P)が、20~55mmの範囲内である、または、

10

20

30

40

50

(i i i) オリフィス (2 2) の平均サイズ (D_0) が、 1 . 0 ~ 4 . 5 mm の範囲内である、
という特性のうち、少なくとも 1 つを有する方法を提供する。

【 0 0 0 7 】

第 2 の態様によれば、本発明は、ガラスシート (1 3) を実質的に鉛直向きで搬送する方法であって、

(a) シート (1 3) のエッジと接触してこのシート (1 3) を搬送速度で移動させるように構成された、移動コンベヤ (2) を提供するステップ、

(b) ガラスシート (1 3) の主表面の上方部分に対して液体 (4 0) を噴出するステップ、および、

(c) ガラスシート (1 3) の主表面の下方部分に対して液体 (4 0) を噴出するステップ、を含み、

(i) 上方部分が下方部分の鉛直上方にあり、かつ、

(i i) 上方部分に対して噴出された単位時間当たりの液体 (4 0) の量が、下方部分に対して噴出された単位時間当たりの液体 (4 0) の量よりも多いことを特徴とする方法を提供する。

【 0 0 0 8 】

第 3 の態様によれば、本発明は、ガラスシート (1 3) の搬送に使用する非接触ベアリング (3) であって、複数のオリフィス (2 2) を有する前面 (2 0) を備え、この前面 (2 0) がガラスシート (1 3) に面したものであり、かつオリフィス (2 2) が、ベアリング (3) の使用中にガラスシート (1 3) の主表面に向かって液体 (4 0) を噴出するものであり、

(a) オリフィス (2 2) が、ベアリング (3) の使用中に水平に配向される、少なくとも 1 つの列 (2 3 、 2 4 、 2 5) を形成するように前面 (2 0) 上に分布され、さらに、

(b) オリフィス (2 2) が、 $20 \leq P \leq 55$ の関係を満たす平均水平ピッチ P を有し、この P が mm で表したものであることを特徴とする、非接触ベアリングを提供する。

【 0 0 0 9 】

本発明の種々の態様に関する上記概要において使用した参照番号は、単に読者の便宜のためのものであり、本発明の範囲を限定するものと解釈されることを意図していないし、かつそのように解釈されるべきではない。より一般的には、前述の一般的な説明および以下の詳細な説明は、単なる本発明の例示であり、本発明の本質および特性を理解するための概要または構想を提供することを意図したものであることを理解されたい。

【 0 0 1 0 】

本発明のさらなる特徴および利点は以下の詳細な説明の中で明らかにされ、ある程度は、その説明から当業者には容易に明らかになるであろうし、あるいは本書で説明されたように本発明を実施することにより認識されるであろう。添付の図面は本発明のさらなる理解を提供するために含まれ、本書に組み込まれその一部を構成する。本明細書および図面で開示された本発明の種々の特徴は、任意の組合せで、および全て組み合わせて、用いることができることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】非接触液体噴出ベアリングのアレイを採用した、ガラスシート搬送装置の概略前面図

【図 2】図 1 の装置の概略側面図

【図 3】オリフィスから出た液体流によってガラスシート上に生成された圧力分布を、表 1 に明記した具体的なパラメータをそれぞれ用いて、様々なオリフィス - シート間隔と液体流量とに対して計算して示した図

【図 4】オリフィスから出た液体流によってガラスシート上に生成された圧力分布を、表 1 に明記した具体的なパラメータを用いて、オリフィス - シート間隔と液体流量とに対し

10

20

30

40

50

て計算して示した図

【図 5】オリフィスから出た液体流によってガラスシート上に生成された圧力分布を、表 1 に明記した具体的なパラメータを用いて、オリフィス - シート間隔と液体流量とに対して計算して示した図

【図 6】オリフィスから出た液体流によってガラスシート上に生成された圧力分布を、表 1 に明記した具体的なパラメータを用いて、オリフィス - シート間隔と液体流量とに対して計算して示した図

【図 7】オリフィスから出た液体流によってガラスシート上に生成された圧力分布を、表 1 に明記した具体的なパラメータを用いて、オリフィス - シート間隔と液体流量とに対して計算して示した図

【図 8】非接触液体噴出ベアリングを使用してガラスシートを搬送する際の、様々なパラメータの影響をテストするために使用された装置を示す概略前面図

【図 9】図 8 の装置の概略側面図

【図 10】非接触液体噴出ベアリングの前面を示す図

【図 11】ガラスシートと非接触液体噴出ベアリングの前面との間の間隔 (mm) (x 軸) に対する、ガラスシート表面での圧力 / オリフィス (kPa) (y 軸) をプロットした図であり、斜線部分はベアリング使用時の代表的な操作枠を表している図

【図 12】平均水平ピッチが 15、30、43、および 65 mm の場合の、ガラスシートと非接触液体噴出ベアリングの前面との間の間隔 (mm) (x 軸) に対する、ガラスシート表面での圧力 / オリフィス (kPa) (y 軸) をプロットした図

【図 13】平均オリフィスサイズが 0.5、1.4、3.0、および 5.0 mm の場合の、ガラスシートと非接触液体噴出ベアリングの前面との間の間隔 (mm) (x 軸) に対する、ガラスシート表面での圧力 / オリフィス (kPa) (y 軸) をプロットした図

【図 14】平均流量が 80、190、350、および 900 mL/min / オリフィスの場合の、ガラスシートと非接触液体噴出ベアリングの前面との間の間隔 (mm) (x 軸) に対する、ガラスシート表面での圧力 / オリフィス (kPa) (y 軸) をプロットした図

【図 15】非接触液体噴出ベアリングアレイの、個々のベアリング間の相互作用を示す概略図

【図 16】2 つの非接触液体噴出ベアリングのうちの上方のベアリングを通る平均流量が 0 および 200 mL/min / オリフィスである場合の、2 つのベアリングのうちの下方のベアリングを通る平均流量 (mL/min / オリフィス) (x 軸) に対する、ガラスシートと非接触液体噴出ベアリングの前面との間の間隔 (mm) (y 軸) をプロットした図

【発明を実施するための形態】

【0012】

上述したように、ガラスシートを鉛直または略鉛直の向きで搬送する、非接触液体噴出ベアリングが提供される。ベアリングは、液体（水など）をガラスシートの主表面の一部に対して噴出する。液体としては水が好適であるが、所望であれば他の液体を使用してもよい。再利用水を用いた場合に細菌が繁殖するのを防ぐため、液体はバイオサイドなどの添加物を 1 以上含んでもよい。

【0013】

このガラスシートは、LCD ディスプレイのようなフラットパネルディスプレイを製造する際に基板として使用するのに適したものであることが好ましい。現在のところ、フラットパネルディスプレイ製造業者に供給されている最も大きい基板は「第 10 世代」基板として知られており、その大きさは 2850 mm × 3050 mm × 0.7 mm である。本書で開示される非接触ベアリングは、このような基板の他、今後開発され得るさらに大型の基板や過去に既に開発されているより小さい基板に使用することができる。

【0014】

図 1 は、非接触液体噴出ベアリング 3 を用いてガラスシート 13 を搬送する装置 10 の代表的な実施形態を示している。この図に示すように、ベアリング 3 のアレイが支持材 31 により支持される。さらにこの支持材はプラットフォーム 49 により支持され、ブラッ

10

20

30

40

50

トフォーム 49 は、製造工場内の様々な場所にこの装置を搬送するためのキャスター 7 を含んでもよい。

【0015】

任意の特定の用途に用いられる非接触ベアリングの数や、個々のベアリングの長さは、搬送されるガラスシートのサイズに依存し、例えば第 10 世代基板の場合には、好適な実施形態では約 10 のベアリングを備えたアレイが採用され、各ベアリングの長さは 1.5 m である。当然のことながら所望であれば、より多くのまたはより少ないベアリングを使用してもよいし、その長さはより長くても短くてもよい。例えば、ガラスシートを横長の向きではなく縦長の向きで搬送する場合には、より多くのベアリングを使用してもよい。一般論として、各ベアリングの鉛直高さは 50 ~ 150 mm の範囲であることが好ましく、またベアリングのアレイを使用するとき、ベアリング間の鉛直方向の間隔は 200 ~ 400 mm の範囲であることが好ましい。

10

【0016】

支持材 31 は、図 1 に示すように鉛直向きでベアリングを保持してもよいし、あるいは、例えば鉛直から 1 ~ 20° の範囲で傾斜しているものなど、鉛直から変位して傾斜した状態でベアリングを保持してもよい。(本書において「実質的に鉛直向き」という表現が用いられるときには、鉛直から 0 ~ 20° の間の向きを意味する。) 鉛直向きが、一般的には好適である。

【0017】

図 1 に示すように、プラットフォーム 49 は、シート 13 の底エッジと係合する V 字状または U 字状ベルトなどのコンベヤ 2 を含む。コンベヤは、例えば電気モータ(図示なし)によって、ガラスシートに望ましい搬送速度で駆動される。搬送速度は、その具体的な用途に依存する。好適な搬送速度は 15 m/min 以上である。例えば、搬送速度を 15 から 22 m/min までの範囲内としてもよいが、所望であれば、例えば 7 m/min まで速度を落とすなど、より遅い速度を利用することもできる。

20

【0018】

図 10 は、代表的な液体噴出ベアリング 3 の前面(シートに面している表面) 20 を示している。この図から分かるように、前面は複数のオリフィス 22 を含み、オリフィス 22 は、この場合には 3 列 23、24、25 に配列され、各列は同じ数のオリフィスを含み、かつ隣接する列のオリフィスは垂直に位置合わせされている。また、この図では、オリフィスは均一のサイズ(すなわち、均一の直径 D_0) を有している。この配列は実際に成功裏に機能することが分かっているが、この配列の多くの変形形態を所望であれば使用することができる。代表的な例として、液体噴出ベアリングは、3 列より多くのまたはより少ないオリフィスを含むことも可能であり、個々の列は異なる数のオリフィスを含んでもよく、隣接する列のオリフィスを垂直に位置合わせする代わりに交互にずらしてもよく、さらにオリフィスのサイズや水平間隔(ピッチ)は、いくつかのまたは全てのオリフィス間で違った値を有していてもよい。また、オリフィスは円形である必要はなく、この場合オリフィスサイズはオリフィスの直径ではなくその最大断面寸法となる。

30

【0019】

使用中、ベアリング 3 のオリフィスは加圧液体源に接続される。例えば、ポンプを用いて加圧液体を容器からプレナムに供給することができ、このプレナムから、例えばベアリングの背面に位置するオリフィスの入口端に接続された柔軟な管を通じて、個々のオリフィスへと液体が分配される。加圧液体は、当業者には周知の、幅広い種類の市販されている設備を使用して供給することができる。あるいは、所望であれば、特注の設備を構築することができる。

40

【0020】

非接触ベアリングは、シートに行う作業に応じて、シートの片側のみに使用してもよいし(図 2 の実線参照)、またはシートの両側に配置してもよい(図 2 の実線および点線参照)。例えば、基板製造プロセスにおけるサイズ切断、シート回転、シート移送、シート研磨、およびシート洗浄の、各ステップ中のシートの支持およびシートの搬送に、このベ

50

アリングを用いてもよい。ベアリングのこれらおよび他の用途の例については、その内容がその全体を参照することにより本書に組み込まれる、米国特許出願公開第2007/0271756号明細書内に見ることができる。

【0021】

使用中、ベアリングから放射された液体は、ガラスシートがベアリングの前面と接触しないようにガラスシートを支持する膜または被膜を形成する。より詳細には、ベアリングは流れの局所的加速度を利用して負の圧力すなわち吸引力を生成し、搬送中にガラスシートをベアリングに立てかけた状態で保持する。図3から7は、利用された現象を示したものである。

【0022】

これらの図において、100は高い正の圧力部分（液体の衝突点）、110はガラス表面の接線方向の、液体の局所的加速度により生じる低い負の圧力領域、そして120は周辺に位置する低い正の圧力領域である。説明のため、図示の正および負の領域は、周りにオリフィスが存在していない単一のオリフィスに対して計算されたものである。図3から7の各パネルに示された面積は50mm×50mmである。この計算は、アンシス社（ANSYS, Inc.; Canonsburg PA）からF L U E N Tの商標で販売されている市販の流体力学プログラムを用いて実行された。当然のことではあるが、市販されていないプログラムを含む他のプログラムを用いて、図3から7に図示した計算や本書で論じられる他の計算を行うことができる。

【0023】

図3から7は、1）オリフィスの出口端と基板表面との間の間隔、および2）オリフィスを通る流量、の種々の組合せに対する正の圧力および負の圧力の分布を示している。表1は、使用された具体的な値と、基板表面で合成された圧力の合計（合力）を明記したものである。正の合力は、シートがオリフィスから遠ざかるように押圧される（ベアリングから跳ね返される）ことを意味し、一方負の合力は、シートがオリフィスに引っ張られる（ベアリングに引き付けられる）ことを意味する。

【0024】

図3から7および表1に示されているように、正および負の真の力は、オリフィスとシートとの間の間隔と流量の種々の組合せに対して得られる。特に、間隔が近接している場合に正の力（反発力）が得られ、間隔が広い場合に負の力（引力）が得られることをこのデータは示している。結果として、シートがオリフィスに引っ張られてもいないし、かつオリフィスから遠ざかるように押圧されてもいない平衡点（平衡状態の間隔）を特定することができる。オリフィスとシートの間隔が平衡状態の間隔よりも小さい場合には、シートは平衡点に戻る方向に向かってオリフィスから遠ざかるように押圧される。オリフィスとシートの間隔が平衡状態の間隔よりも大きい場合には、シートは平衡点に戻る方向に向かって引っ張られる。この手法では、オリフィスとシートの間隔は平衡状態の間隔辺りで前後することになる。

【0025】

特に、搬送時シートがオリフィスを通過しているとき、オリフィスとシートの間隔は平衡状態の間隔辺りで前後する。こういった搬送時には、シートとオリフィスの間隔は、1）移動しているシートの振動、および/または2）シートの曲り、うねり、撓み、または他の非平坦な表面特性によって、時間とともに変化する。オリフィスから噴出された液体によってシートに加えられる真の力は平衡点で符号が変わるため、オリフィスとシートの間隔のこのような変化には、液体流量を含むオリフィスパラメータを次のような値、すなわち、オリフィスとシートの間隔に避けられない変化が生じたとしてもベアリングでシートを保持することができるような平衡点と平衡点前後の引力/反発力とを生み出すような値に設定することによって、適応することができる。

【0026】

図3から7のデータは、単一のオリフィスに対するものである。実際には、単一のオリフィスでは、液体噴出ベアリングに沿って移動しているガラスシートを保持するのに十分

10

20

30

40

50

な力を生成することはできない。むしろ、オリフィスのアレイを使用してもよい。より一般的には、例えば、互いに上下に配列された2以上の液体噴出ベアリング(図1および2参照)などの液体噴出ベアリングのアレイが、特にシートサイズが増加すると、ガラスシートの搬送に典型的には用いられる。所望であれば、各液体噴出ベアリングは独自のオリフィスアレイを有していてもよく、このオリフィスアレイは全てのベアリングで同じものでもよいし、あるいはベアリング間で異なってもよい。

【0027】

オリフィスアレイのガラスシートへの影響は、単一のオリフィスの影響よりも実質的に複雑であることが分かった。同様に、液体噴出ベアリングのアレイは、単一の液体噴出ベアリングよりも複雑な作用を示すことが見出された。これらの影響について検討するため、図8および9に概略的に示した様式の設備を用いて実験を行った。この図において、13はガラスシート、2はシート用コンベヤ、3は液体噴出ベアリング、14は力変換器、15は位置センサ、18は変換器/センサ支持材、17は変換器およびセンサへのリード線、そして16は変換器およびセンサの出力記録設備である。

【0028】

図10は、実験において用いられた代表的な液体噴出ベアリング3を示している。ベアリングの構造に加え、この図はさらに実験中に変化させたパラメータを示しており、すなわち、平均水平ピッチパラメータ P 、つまりガラスシートが動く方向におけるオリフィス中心間の平均間隔と、そして特にこの場合にはオリフィスの平均直径 D_0 である平均オリフィスサイズパラメータとを示している。

【0029】

図11は、液体噴出ベアリングの前面とガラスシートとの間(すなわち、オリフィスの出口端は典型的にはベアリング表面と同一平面であるため、オリフィスの出口端とガラスシートとの間と同等)の間隔(mm)に対する、ベアリングのオリフィスアレイに含まれる1オリフィスによりガラスシートに加えられる平均圧力(kPa)をプロットしたものである。この図においては、図12から14も同様であるが、正の圧力はベアリングおよびシート間の反発力を表し、そして負の圧力は引力を表す。このプロットの斜線が掛かった部分はベアリングの代表的な操作枠を示し、すなわちこのベアリングを用いてガラスシートの高速搬送を確実に行うことができる、圧力対間隔のカーブの部分を示す。

【0030】

図8および9に示した様式の設備と、図10に示した様式のベアリングとを使用し、幅広い範囲の可能性のあるパラメータに対して、圧力対間隔カーブを測定した。これらの実験の結果、重要なパラメータは、1)オリフィス間の平均水平ピッチ、2)オリフィスの平均サイズ、および3)オリフィスを通る平均流量であることが分かった。ここで、各事例の平均とは、ベアリングの全オリフィスに亘る平均である。さらに、これらのパラメータの特定の範囲の値が、実際に図11に示したような操作枠を生み出すことが分かった。図12、13および14は、夫々平均水平ピッチ、平均オリフィスサイズ、および平均流量のその範囲を説明する代表的データを示したものである。

【0031】

図12に示すように、平均水平ピッチが15mm(塗りつぶし三角のデータ点)である場合には、シートがベアリング表面に近づくと、ガラスシートに対し許容できないほどの大きな反発力が生成された。したがって、ベアリングに向かって内側に動いていたシートがベアリングから実際に一旦跳ね返されると、その引力はシートを動かないようにするには不十分であったため、シートはベアリングから飛ばされやすくなってしまったであろう。一方、平均水平ピッチが65mm(x印のデータ点)の場合には、生み出された反発力が不十分であったため、使用中にシートがベアリングと接触して損傷することはないと保証できるものではなかった。

【0032】

平均水平ピッチが43mm(白抜き四角のデータ点)および30mm(白抜き菱形のデータ点)の両方の場合には、望ましい圧力対間隔カーブが生まれ、30mmピッチの反発

10

20

30

40

50

圧力の大きさ、そして少なくともいくつかの時点での吸引圧力の大きさが、夫々43mmピッチのものよりも大きかったことから、30mmの平均水平ピッチが43mmの値よりもいくらか優れていた。このデータおよび同様のデータに基づいて、平均水平ピッチは20から55mmの範囲内であるべきであり、25から50mmであることが好ましく、さらに30から40mm（例えば、約35mm）であることがより好ましいと判断した。ここで各事例において、範囲の端点はその範囲内に含まれる。

【0033】

図13は、平均オリフィスサイズパラメータに対するデータを示したものである。この事例では、シートとベアリングの間隔が小さいと、平均オリフィスサイズが5mm（塗りつぶし三角のデータ点）の場合には生成される反発圧力が小さ過ぎることが分かり、また平均オリフィスサイズが0.5mm（×印のデータ点）では生成される反発圧力が大き過ぎることが分かった。

10

【0034】

平均オリフィスサイズが3mm（白抜き四角のデータ点）および1.4mm（白抜き菱形のデータ点）の両方の場合には、望ましい圧力対間隔カーブが生まれ、1.4mmの平均オリフィスサイズの反発圧力および吸引圧力の大きさが両方とも3mmサイズのものよりも大きかったことから、1.4mmの平均オリフィスサイズが3mmサイズよりもいくらか優れていた。このデータおよび同様のデータに基づいて、平均オリフィスサイズは1.0から4.5mmの範囲内であるべきであり、1.0から3.5mmであることが好ましく、さらに1.25から2.25mmであることがより好ましいと判断した。ここで各事例において、範囲の端点はその範囲内に含まれる。

20

【0035】

図14は、平均流量に対するデータを示したものである。この事例では、シートとベアリングの間隔が小さいと、平均流量が900mL/min/オリフィス（塗りつぶし三角のデータ点、14.3）の場合には生成される反発圧力が大き過ぎることが分かり、また平均流量が80mL/min/オリフィス（×印のデータ点、14.4）では生成される反発圧力が小さ過ぎることが分かった。

【0036】

平均流量が350mL/min/オリフィス（白抜き四角のデータ点、14.2）および190mL/min/オリフィス（白抜き菱形のデータ点、14.1）の両方の場合には、望ましい圧力対間隔カーブが生まれ、平均流量が低いことは液体消費が少ないことを意味し、これは液体の供給に必要とされる設備がより小さくて安価であることを意味することから、190mL/min/オリフィスの平均流量の方が350mL/min/オリフィスの平均流量よりもいくらか望ましいものであった。このデータおよび同様のデータに基づいて、平均流量は100から800mL/min/オリフィスの範囲内であるべきであり、125から300mL/min/オリフィスであることが好ましく、さらに150から190mL/min/オリフィスであることがより好ましいと判断した。ここで各事例において、範囲の端点はその範囲内に含まれる。

30

【0037】

これら3つの重要なパラメータ、すなわち平均水平ピッチ、平均オリフィスサイズ、および平均流量の各々が、システムに利益を提供することから、いくつかの用途では、このパラメータのうちの1つまたは2つのみを上述の範囲内とすることもあり得る。一般論として、平均流量パラメータが最も重要であり、次に水平ピッチパラメータ、そして平均オリフィスサイズパラメータの順に続く。

40

【0038】

多くの用途において、平均水平ピッチ、平均オリフィスサイズ、および平均流量パラメータは、その全てが上で指定した範囲内であることが好ましく、そしてその全てが上記の好ましい範囲内であることがより好ましく、さらにその全てが上記のより好ましい範囲内であることが最も好ましい。この考え方に従い、図12、13、および14の夫々に示したデータは、それ以外の2つのグラフの「白抜き菱形」のパラメータ値に対するものであ

50

る。すなわち、図 1 2 に関し平均オリフィスサイズは 1 . 4 m m かつ平均流量は 1 9 0 m L / m i n / オリフィスであり、一方図 1 3 に関し平均水平ピッチは 3 0 m m かつ平均流量は 1 9 0 m L / m i n / オリフィスであり、さらに図 1 4 に関し平均水平ピッチは 3 0 m m かつ平均オリフィスサイズは 1 . 4 m m である。

【 0 0 3 9 】

平均水平ピッチ、平均オリフィスサイズ、および平均流量のパラメータに加え、シートの主表面に加えられる合力、すなわち主表面全体に亘り合成した圧力が、 -0.6 N から $+0.6\text{ N}$ の範囲内であることが好ましい。ここで、範囲の端点はこの範囲の一部である。合力はシートとベアリングとの間の距離が変化すると徐々に変化するが、上記の範囲内に留まっていることが好ましい。この合力は測定値であることが好ましいが、上述した F L U E N T プログラムなどの流体力学ソフトウェアを用いたシステムのシミュレーションに基づく計算値でもよい。この合力範囲は、オリフィスの数、配列、サイズ、および流量の選択に有用な指針として役に立ち得る。特に、オリフィスの流量を選定するとき、システムの他のパラメータ（例えば、オリフィスの総数、オリフィス間隔、およびオリフィスサイズ）を考慮して、過剰な合力ではなく負の力を生み出すような流量とすることが好ましく、すなわち合力は上記範囲の上限以下であることが好ましい。

【 0 0 4 0 】

平均水平ピッチ、平均オリフィスサイズ、および平均流量のパラメータを上記範囲内とすると、ガラスシートの搬送時に、ガラスシートとベアリングの前面との間の間隔の変化量を制御して、効果的に搬送できることが分かっている。特に、平均流量が 1 0 0 から 8 0 0 m L / m i n / オリフィスの範囲、平均オリフィスサイズが 1 . 0 から 4 . 5 m m の範囲、そして平均水平ピッチが 2 0 から 5 5 m m の範囲の非接触液体噴出ベアリングを、その弾性率が 7 3 G P a 、大きさが長さ 2 m 、高さ 2 m 、および厚さ 0 . 7 m m のガラスシートを用いて 1 5 m / m i n の搬送速度でテストすると、シートとベアリング前面との間の間隔を所定時間にて平均した間隔（以下時間平均の間隔とする）がベアリング前面上の全ての点で 5 0 0 ~ 1 0 0 0 μm の範囲内であり、そしてその所定時間にて平均した間隔の最大変動はベアリング前面上の全ての点で 1 0 0 μm 以下である。このように平均の間隔に対し変化が小さいということは、シート搬送中にシートの任意の部分がベアリングに接触してしまう可能性が極わずかであることを意味する。これは、シートがベアリングから離れていってしまう可能性も同様に極わずかであることも意味している。

【 0 0 4 1 】

上述したように複数のオリフィスを含んでいると現象がより複雑になるというだけでなく、複数のベアリングをアレイで使用すると現象は同様により複雑となる。図 1 5 および 1 6 は、これまでに見出されたベアリング間の相互作用を示したものである。

【 0 0 4 2 】

図 1 5 において、3 つのベアリング 3 U、3 M、および 3 L は、液体 4 0 をガラスシート 1 3 に対して噴出する。矢印 4 1 で概略的に示されているように、実際には、ベアリング 3 U から噴出された液体はベアリング 3 M から噴出された液体と相互に作用し、そしてベアリング 3 M から噴出された液体（ベアリング 3 U から噴出された液体のいくらかも同様に）はベアリング 3 L から噴出された液体と相互に作用する。特に、3 つ全てのベアリングの平均流量が等しい場合には、ガラスシート 1 3 とベアリングの前面との間の間隔は、ベアリング 3 U との間隔よりもベアリング 3 M およびベアリング 3 L との間隔の方が大きく、ベアリング 3 L との間隔がこれら全ての中で最も大きいことが分かっている。（ガラスシート 1 3 はその薄さ故に非常に柔軟であるため、ベアリング 3 U、3 M、および 3 L は鉛直に位置合わせされているかもしれないが、シートの下方の部分が曲がってベアリング 3 M および 3 L から離れ、より大きな間隔を作る可能性があることを思い出されたい。）

図 1 6 は、2 つのベアリングシステム、例えば図 1 5 のベアリング 3 M および 3 L に関する影響を定量化したものである。図 1 6 の水平軸はベアリング 3 L を通る平均流量を示し、一方垂直軸はベアリング 3 L の前面とガラスシートとの間の間隔を示したものである

。塗りつぶし菱形のデータ点は、ベアリング 3 M を通る流量がゼロ、すなわち $F_M = 0$ の場合の間隔を示すものである。図示のように、シートとの間隔はベアリング 3 L を通る平均流量が増加するにつれて増加する。

【 0 0 4 3 】

白抜き四角のデータ点は、ベアリング 3 M を通る平均流量が 200 mL/min / オリフィスである場合の影響を示している。この場合も、ベアリング 3 L とシートとの間隔はベアリング 3 L を通る平均流量とともに増加しているが、ここでは全ての値が上にシフトして間隔がより大きくなっている。したがって、ベアリングアレイ内の全てのベアリングとガラスシートとの間隔が実質的に等しい状態で維持されるように、各ベアリングの操作パラメータおよび / または物理的性質を異なったものとする必要がある。具体的には、下の方のベアリングが噴出する液体の量が上方のベアリングにより噴出される液体の量よりも少量であるように、各ベアリングの操作パラメータおよび / または物理的性質を異なるものとする必要がある。これは種々の手法で実現させることができる。

10

【 0 0 4 4 】

例えば、下方のベアリングの平均液体流量を減少させてもよい。一例であるが、図 16 のデータを用いると、平均流量が 200 mL/min / オリフィスのベアリング 3 M と、平均流量が 150 mL/min / オリフィスのベアリング 3 L とを組み合わせると、ベアリング 3 L とガラスシートとの間隔は、平均流量が 250 mL/min / オリフィスのベアリング 3 L を単独で使用した場合と略等しくなることが分かる。同様のデータを 3 以上の動作しているベアリングに対して作り出し、下方のベアリングを通る平均流量を減少させることで、全てのベアリングでベアリングとシート間隔を比較的均一にすることができる。(いくつかの用途では不均一な間隔を有することが望ましい可能性もあるが、これは本開示にしたがって個々のベアリングの平均流量を調節することによって達成することに留意されたい。)

20

異なった流量を用いる代わりに、ベアリングの物理的性質を異なったものとしてもよい。例えば、下方のベアリングの平均水平ピッチを上方のベアリングよりも大きく作製してもよいし、および / または平均オリフィスサイズを上方のベアリングより小さく作製してもよい。多くの用途では、物理的性質によるアプローチでは個々のベアリングを通る液体の流れを個別に制御 / 監視する必要性を避けることができるため、流量によるアプローチよりも好まれる可能性がある。

30

【 0 0 4 5 】

これまでに述べたことから、LCD 基板などの柔軟なガラスシートを例えば 15 m/min 以上の高速で成功裏に搬送できる、非接触液体噴出ベアリングが提供されたことが分かるであろう。この結果を得るため、ベアリングの操作パラメータおよび物理的性質は、以下の条件、すなわち (a) ベアリングのオリフィスからの平均流量が $100 \sim 800 \text{ mL/min}$ / オリフィスの範囲内である ; (b) オリフィスの平均水平ピッチが $20 \sim 55 \text{ mm}$ の範囲内である ; および / または (c) オリフィスの平均サイズが $1.0 \sim 4.5 \text{ mm}$ の範囲内である、という条件の 1 つを、そして好ましくはこれらの全てを満たす。これらの条件を用いると、 15 m/min で移動している LCD 基板と液体噴出ベアリングの表面との間隔に生じる時間平均の最大変動を $100 \mu\text{m}$ 未満にまで減少させることができ、すなわちベアリングが基板の制御を失う可能性、または基板がベアリングに衝突する可能性を減少させることができる。

40

【 0 0 4 6 】

本発明の範囲および精神から逸脱しない種々の変更形態が、これまでの開示から通常の当業者には明らかであろう。以下の請求項は、本書で明記された具体的な実施形態の他、これらの実施形態の改変、変形、および同等物を含むと意図されている。

【表 1】

表 1

図	間隔 (mm)	流量 (L/min)	合力(N)
3	0.3	0.68	+0.48
4	0.4	0.81	-0.30
5	0.7	1.00	-0.82
6	1.0	1.10	-0.55
7	1.3	1.13	-0.39

10

【0047】

例えば、任意の1以上の以下の態様が本発明において具現化される。

【0048】

態様1．ガラスシートを実質的に鉛直向きで搬送する方法であって、

(a) 前記シートのエッジと接触して該シートを搬送速度で移動させるように構成された、移動コンベヤを提供するステップ、

20

(b) 液体を前記シートの主表面の一部に対して噴出するように構成された、非接触ベアリングを提供するステップ、および、

(c) 前記シートの前記エッジを前記移動コンベヤと接触させ、かつ該シートを前記搬送速度で移動させると同時に、前記非接触ベアリングから前記シートの主表面の前記一部に対して液体を噴出するステップ、を含み、

前記非接触ベアリングが、前記シートの主表面の前記一部に対して前記液体を噴出する複数のオリフィスを備え、さらに以下の特性：

(i) 前記非接触ベアリングから噴出される前記液体の、前記オリフィス全体に亘って平均された流量が、100～800mL/min/オリフィスの範囲内であること、

30

(ii) 前記オリフィスの平均水平ピッチが、20～55mmの範囲内であること、および

(iii) 前記オリフィスの平均サイズが、1.0～4.5mmの範囲内であること、のうち、少なくとも1つを有することを特徴とする方法。

【0049】

態様2．特性(i)を有することを特徴とする態様1記載の方法。

【0050】

態様3．前記非接触ベアリングから噴出される前記液体の、前記オリフィス全体に亘って平均された前記流量が、125～300mL/min/オリフィスの範囲内であることを特徴とする態様2記載の方法。

40

【0051】

態様4．前記非接触ベアリングから噴出される前記液体の、前記オリフィス全体に亘って平均された前記流量が、150～190mL/min/オリフィスの範囲内であることを特徴とする態様2記載の方法。

【0052】

態様5．特性(ii)を有することを特徴とする態様1から4いずれか1項記載の方法。

【0053】

態様6．前記オリフィスの平均水平ピッチが、25～50mmの範囲内であることを特徴とする態様5記載の方法。

50

【 0 0 5 4 】

態様 7 . 前記オリフィスの平均水平ピッチが、 3 0 ~ 4 0 m m の範囲内であることを特徴とする態様 5 記載の方法。

【 0 0 5 5 】

態様 8 . 特性 (i i i) を有することを特徴とする態様 1 から 7 いずれか 1 項記載の方法。

【 0 0 5 6 】

態様 9 . 前記オリフィスの平均サイズが、 1 . 0 ~ 3 . 5 m m の範囲内であることを特徴とする態様 8 記載の方法。

【 0 0 5 7 】

態様 1 0 . 前記オリフィスの平均サイズが、 1 . 2 5 ~ 2 . 2 5 m m の範囲内であることを特徴とする態様 8 記載の方法。

【 0 0 5 8 】

態様 1 1 . 特性 (i) および (i i) を有することを特徴とする態様 1 から 1 0 いずれか 1 項記載の方法。

【 0 0 5 9 】

態様 1 2 . 特性 (i) および (i i i) を有することを特徴とする態様 1 から 1 0 いずれか 1 項記載の方法。

【 0 0 6 0 】

態様 1 3 . 特性 (i) 、 (i i) 、 および (i i i) を有することを特徴とする態様 1 から 1 0 いずれか 1 項記載の方法。

【 0 0 6 1 】

態様 1 4 . 前記シートの前記主表面に加えられる合力が - 0 . 6 N から + 0 . 6 N の範囲内であるという特性をさらに有することを特徴とする態様 1 から 1 3 いずれか 1 項記載の方法。

【 0 0 6 2 】

態様 1 5 . その弾性率が 7 3 G P a でありかつその大きさが長さ 2 m 、高さ 2 m 、および厚さ 0 . 7 m m であるガラスシートを搬送するときに、 1 5 m / m i n の搬送速度に対し、前記シートと前記ベアリングの前面との間の間隔を所定時間にて平均した間隔が、該前面上の全ての点で 5 0 0 ~ 1 0 0 0 μ m の範囲内であり、かつ、前記所定時間にて平均した間隔の最大変動が、前記前面上の全ての点で 1 0 0 μ m 以下であるという特性をさらに有することを特徴とする態様 1 から 1 4 いずれか 1 項記載の方法。

【 0 0 6 3 】

態様 1 6 . ガラスシートを実質的に鉛直向きで搬送する方法であって、

(a) 前記シートのエッジと接触して該シートを搬送速度で移動させるように構成された、移動コンベヤを提供するステップ、

(b) 前記ガラスシートの主表面の上方部分に対して液体を噴出するステップ、および、

(c) 前記ガラスシートの前記主表面の下方部分に対して液体を噴出するステップ、を含み、

(i) 前記上方部分が前記下方部分の鉛直上方にあり、かつ、

(i i) 前記上方部分に対して噴出された単位時間当たりの液体の量が、前記下方部分に対して噴出された単位時間当たりの液体の量よりも多いことを特徴とする方法。

【 0 0 6 4 】

態様 1 7 . (a) 前記液体が、平均水平ピッチ P_U を有する複数のオリフィスを備えた上方非接触ベアリングを用いて前記上方部分に対して噴出され、

(b) 前記液体が、平均水平ピッチ P_L を有する複数のオリフィスを備えた下方非接触ベアリングを用いて前記下方部分に対して噴出され、さらに、

(c) P_U および P_L が、 $P_L > P_U$ の関係を満たすことを特徴とする態様 1 6 記載の方法。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

態様 1 8 . 前記上方非接触ベアリングおよび前記下方非接触ベアリングが、非接触ベアリングのアレイの、任意の 2 つの隣接する部材であることを特徴とする態様 1 7 記載の方法。

【 0 0 6 6 】

態様 1 9 . ガラスシートの搬送に使用する非接触ベアリングであって、複数のオリフィスを有する前面を備え、該前面が前記ガラスシートに面したものであり、かつ前記オリフィスが、該ベアリングの使用中に前記ガラスシートの主表面に向かって液体を噴出するものであり、

(a) 前記オリフィスが、前記ベアリングの使用中に水平に配向される、少なくとも 1 つの列を形成するように前記前面上に分布され、さらに、

(b) 前記オリフィスが、 $20 \leq P \leq 55$ の関係を満たす平均水平ピッチ P を有し、該 P が mm で表したものであることを特徴とする非接触ベアリング。

【 0 0 6 7 】

態様 2 0 . 前記オリフィスの平均サイズが、 $1.0 \sim 4.5 \text{ mm}$ の範囲内であることを特徴とする態様 1 9 記載の非接触ベアリング。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 8 】

- 2 コンベヤ
- 3 非接触液体噴出ベアリング
- 1 3 ガラスシート
- 2 0 前面
- 2 2 オリフィス
- 4 0 液体

【 図 1 】

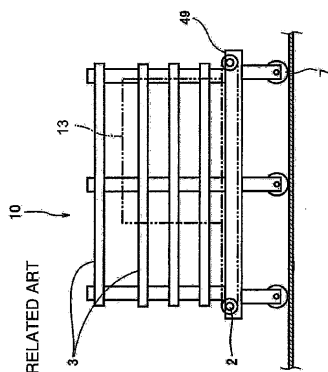


FIG. 1

【 図 2 】

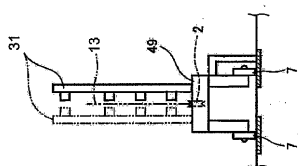


FIG. 2

【 図 3 】

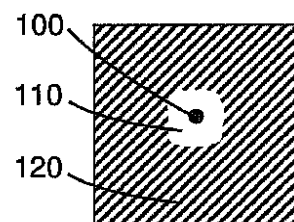


FIG. 3

【 図 4 】

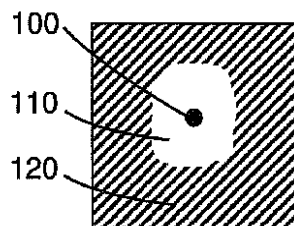


FIG. 4

【図 5】

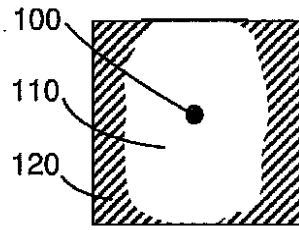


FIG. 5

【図 7】

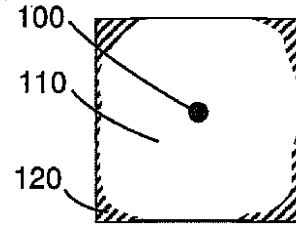


FIG. 7

【図 6】

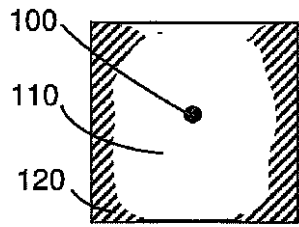


FIG. 6

【図 8】

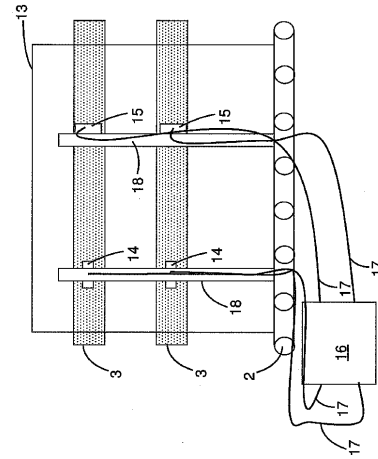


FIG. 8

【図 9】

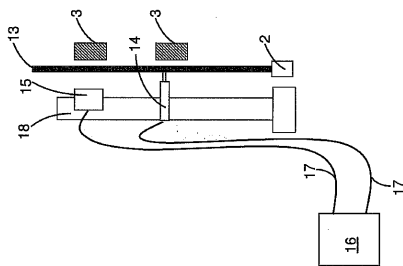


FIG. 9

【図 10】

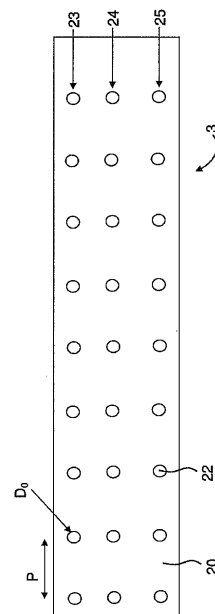
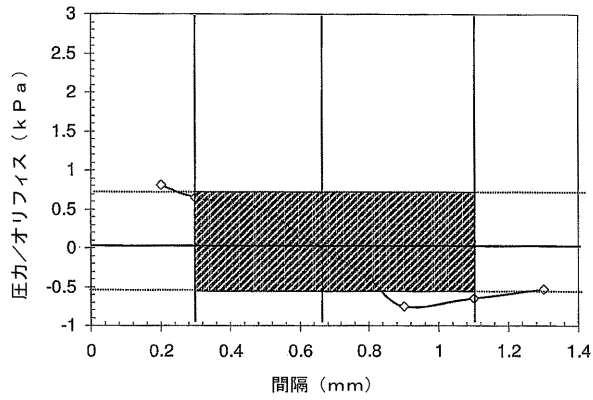
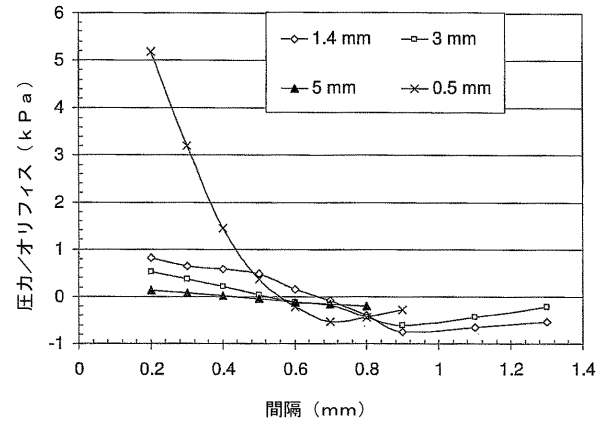


FIG. 10

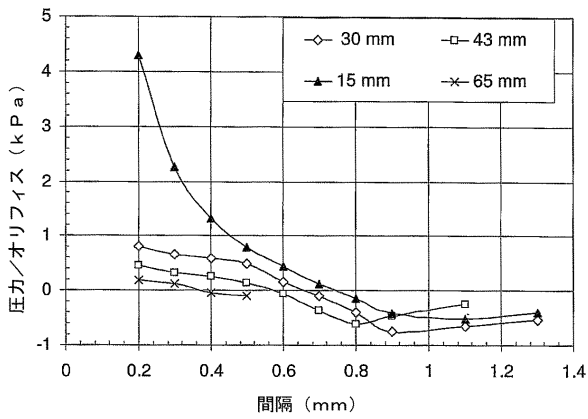
【図 1 1】



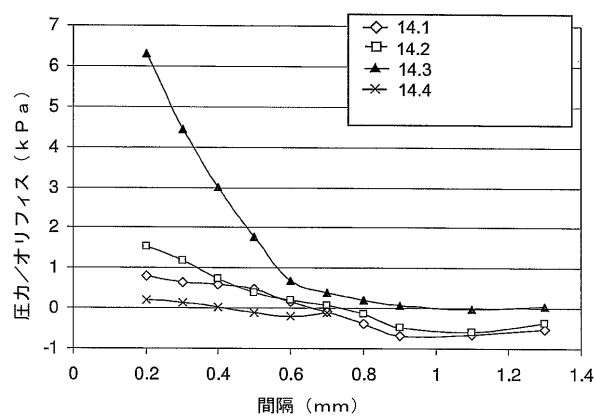
【図 1 3】



【図 1 2】



【図 1 4】



【図 1 5】

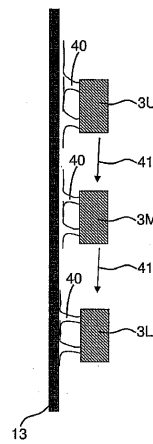
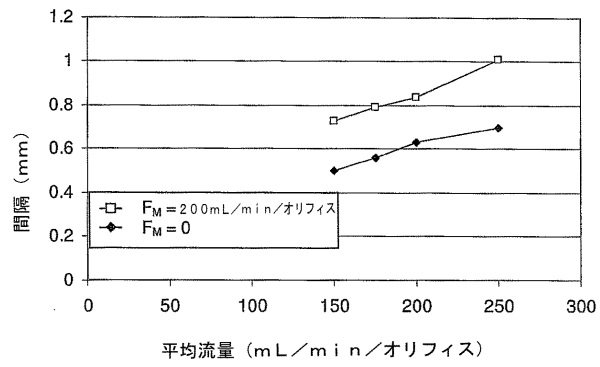


FIG. 15

【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 ルオ, ウェイウェイ

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14870 ペインテッド ポスト コンホクトン ロード
3416

(72)発明者 中村 好寛

静岡県磐田市西貝塚3511-13

(72)発明者 山田 哲三

静岡県袋井市愛野東1-7-3アパートメントエイ-201

審査官 鈴木 崇文

(56)参考文献 特開2007-246287(JP, A)

特開2008-270818(JP, A)

特開2003-063643(JP, A)

特表2006-513117(JP, A)

特開2006-312511(JP, A)

特開2004-196435(JP, A)

特開2002-308422(JP, A)

特開2004-273574(JP, A)

特開2008-202146(JP, A)

米国特許第05027941(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B65G 49/06

H01L 21/67-21/687