

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5580406号
(P5580406)

(45) 発行日 平成26年8月27日 (2014. 8. 27)

(24) 登録日 平成26年7月18日 (2014. 7. 18)

(51) Int. Cl.

F I

C O 3 B 17/06 (2006. 01)

C O 3 B 17/06

C O 3 B 17/04 (2006. 01)

C O 3 B 17/04

A

H O 1 L 51/50 (2006. 01)

H O 5 B 33/14

A

H O 5 B 33/02 (2006. 01)

H O 5 B 33/02

H O 5 B 33/10 (2006. 01)

H O 5 B 33/10

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2012-510924 (P2012-510924)
 (86) (22) 出願日 平成22年5月11日 (2010. 5. 11)
 (65) 公表番号 特表2012-533497 (P2012-533497A)
 (43) 公表日 平成24年12月27日 (2012. 12. 27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/034345
 (87) 国際公開番号 W02010/132419
 (87) 国際公開日 平成22年11月18日 (2010. 11. 18)
 審査請求日 平成25年5月9日 (2013. 5. 9)
 (31) 優先権主張番号 09305425. 2
 (32) 優先日 平成21年5月13日 (2009. 5. 13)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 397068274
 コーニング インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
 31 コーニング リヴァーフロント ブ
 ラザ 1
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (72) 発明者 ダヌー, ティエリ エル
 フランス国 F-77210 アヴォン
 ル プティ ベル エバ 18
 (72) 発明者 タンギュイ, ロナン
 フランス国 F-77880 グレ スュ
 ル ロワン リュ デ カユ 5
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 連続ガラスシートを形成する方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

連続ガラスシートを形成する方法において、前記方法が、

内部チャンバを定める多孔質側壁を有するサセプタベアリングに被せてガラスチューブを延伸することにより前記ガラスチューブを薄化及び拡張する工程であって、前記サセプタベアリングの直径は前記サセプタベアリングの頂部から前記サセプタベアリングの底部にかけて大きくなり、前記ガラスチューブが前記サセプタベアリングに被さって延伸されている間、前記ガラスチューブは前記ガラスの軟化点より高い温度に維持される工程、

前記ガラスチューブが前記サセプタベアリングに被さって延伸されている間、前記内部チャンバに供給されて前記多孔質側壁から放出される加圧流体によって前記ガラスチューブを前記サセプタベアリングから径方向に吹き離し、よって前記ガラスチューブを前記サセプタベアリングから浮き上がらせる工程、

前記ガラスチューブを冷却する工程、及び

連続ガラスシートを形成するために前記ガラスチューブを切り開く工程、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記連続ガラスシートを格納スプール上に巻き付ける工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ガラスチューブが溶融ガラスであり、前記方法が、前記ガラスチューブが前記サセ

プタベアリングに被さって延伸されている間に前記ガラスチューブを前記ガラスの軟化点より高い温度まで冷却する工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記サセプタベアリングが、前記頂部、中間上部、中間下部及び前記底部を有し、
前記頂部が実質的に円柱形であり、
前記中間上部が実質的に円錐形であり、
前記中間下部が実質的に球形であり、
前記底部が実質的に円柱形である、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ガラスチューブの前記温度が前記サセプタベアリングを囲んで配置された加熱システムによって前記ガラスの軟化温度より高い温度に維持され、前記加熱システムが前記ガラスチューブの前記温度を前記ガラスの軟化温度より高い温度に維持するために前記サセプタベアリングから放出される前記加圧流体と協働することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

サセプタベアリング、加熱システム、延伸機構及び切開装置を備える連続ガラスシートを形成するためのシステムにおいて、

前記サセプタベアリングが加圧流体を受け入れるための内部チャンバを定める多孔質側壁を有し、ここで、前記サセプタベアリングの直径は前記サセプタベアリングの頂部から前記サセプタベアリングの底部にかけて大きくなり、前記サセプタベアリングは、加熱されたガラスチューブが前記サセプタベアリングに被さって延伸されるときに、前記加熱されたガラスチューブが前記サセプタベアリングから径方向に吹き離され、よって前記ガラスチューブが前記サセプタベアリングから浮き上がるように、前記多孔質側壁を通して前記加圧流体を放出するために作動するよう構成され、

前記加熱システムは、前記サセプタベアリングを囲むとともに、前記サセプタベアリングに被さって延伸されているガラスチューブの温度を調整するために前記サセプタベアリングから放出される前記加圧流体と協働するよう構成され、

前記延伸機構は、前記サセプタベアリングの下側に配置されるときに、前記ガラスチューブに接触し、前記サセプタベアリングに被さる前記ガラスチューブを下方に延伸するために配置された少なくとも 1 つの牽引ホイールを備え、

前記切開装置は、前記延伸機構の下側に配置されるときに、前記ガラスチューブを切り開いて連続ガラスシートにするために作動するよう構成されている、
ことを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の説明】

【0001】

本出願は 2009 年 5 月 13 日に出願された、名称を「連続ガラスシートを形成する方法及びシステム(Methods and Systems For Forming Continuous Glass Sheets)」とする、欧州特許出願第 09305425.2 号の恩典と、その優先権を主張する。本明細書は上記特許出願の明細書の内容に依存し、上記特許出願の明細書の内容はその全体が本明細書に参照として含まれる。

【技術分野】

【0002】

本明細書に説明される実施形態は、全般的にはガラスシートを形成する方法及びシステムに関し、さらに詳しくは、連続薄ガラスシートを形成する方法及びシステムに関する。

【背景技術】

【0003】

有機発光ダイオード(OLED)は、広範な電界発光デバイスにおける使用の可能性を秘めているため、近年多大の研究の対象となっている。例えば、単OLEDは個別発光デバ

10

20

30

40

50

イスとして用いることができ、あるいはO L E Dアレイは照明用途または可撓ディスプレイのようなフラットパネル用途に用いることができる。しかし、O L E Dディスプレイ、特に個々のO L E Dの電極及び有機層は、酸素及び水分との相互反応による劣化がおり易い。可撓O L E Dディスプレイに基板として用いられる高分子材は酸素及び水素を透過させ易く、したがってディスプレイの密封及びO L E Dデバイスの劣化防止には有効ではない。酸素及び水分のいずれも透過させない金属ホイルもあるから、金属ホイルは高分子材への適する代替を提供する。しかし、金属ホイルの光学特性、特に金属ホイルの透明性または透明性の欠如のため、金属ホイルはO L E Dディスプレイデバイスとともに使用するに不適になる。

【0004】

10

ガラスは、高分子材及び金属ホイルのいずれに対しても、O L E Dディスプレイデバイスとともに使用するに適する代替になり得る。ガラスは所望の光学透明性を提供し、水分及び酸素を透過させない。したがって、ガラスはディスプレイにおいてO L E Dの周囲に気密シールを形成するに適し得る。しかし、ガラスは一般に、ガラスが極薄である場合を除いて、可撓材料ではなく、極薄ガラスを作成するための既存の方法は大量商業生産には適していない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

したがって、連続薄ガラスシートを作成するための別の方法及びシステムが必要とされている。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本明細書に示され、説明される一実施形態にしたがえば、連続ガラスシートを形成する方法は、内部チャンバを定める多孔質側壁を有するサセプタベアリングにガラスチューブを被せて延伸することによって、ガラスチューブを拡張し、薄化する工程を含む。サセプタベアリングの直径は、サセプタベアリングの頂部からサセプタベアリングの底部にかけて大きくしていくことができる。ガラスチューブは、ガラスチューブがサセプタベアリングに被さって延伸されている間、ガラスの軟化点より高い温度に維持することができる。ガラスチューブは、ガラスチューブがサセプタベアリングに被さって延伸されている間、内部チャンバに供給されて多孔質側壁から放出される加圧流体によりガラスチューブを径方向にサセプタベアリングから吹き離すことによって、サセプタベアリングから浮き上がらせておくことができる。その後、ガラスチューブを冷却し、切り開いて、連続ガラスシートを形成することができる。

30

【0007】

別の実施形態において、連続ガラスシートを形成するためのシステムは、サセプタベアリング、サセプタベアリングを囲む加熱システム、延伸機構及び切開装置を備える。サセプタベアリングは、加圧流体を受け入れるための内部チャンバを定める多孔質側壁を有することができる。サセプタベアリングの直径は、サセプタベアリングの頂部からサセプタベアリングの底部にかけて大きくしていくことができる。サセプタベアリングは、加熱されたガラスチューブがサセプタベアリングに被さって延伸されているときに、サセプタベアリングから径方向にガラスチューブが吹き離され、よってガラスチューブがサセプタベアリングから浮き上がるように、多孔質壁体を通して加圧流体を放出するためにはたらくことができる。加熱システムはサセプタベアリングから放出される加圧流体と協働して、サセプタベアリングに被さって延伸されているガラスチューブの温度を調整することができる。延伸機構はサセプタベアリングの下側に配置され、ガラスチューブに接触するように配置されてサセプタベアリングに被さったガラスチューブを下方に延伸する少なくとも1つの牽引ホイールを備える。切開装置は延伸機構の下に配置され、ガラスチューブを切り開いて連続ガラスシートにするようにはたらくことができる。

40

【0008】

50

本明細書に説明される実施形態のさらなる特徴及び利点は以下の詳細な説明に述べられ、ある程度は、当業者にはその説明から容易に明らかであろうし、あるいは以下の詳細な説明及び添付される特許請求の範囲を含み、添付図面も含む、本明細書に説明されるように本発明を実施することによって認められるであろう。

【0009】

上記の全般的な説明及び以下の詳細な説明がいずれも特許請求の範囲の本質及び特質を理解するための概要または枠組みの提供が目的とされていることは当然である。添付図面は本明細書に説明される実施形態のさらに深い理解を提供するために含められ、本明細書に組み入れられて、本明細書の一部をなす。図面は本明細書に説明される実施形態を示し、記述とともに、説明される実施形態の原理及び動作の説明に役立つ。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、本明細書に示され、説明される1つないしさらに多くの実施形態にしたがう、連続ガラスシートを作成するためのシステムの簡略な断面図である。

【図2】図2は、本明細書に示され、説明される1つないしさらに多くの実施形態にしたがう、連続ガラスシートを作成するためのシステムの簡略な断面図である。

【図3】図3は、図1及び2に示される連続ガラスシートを作成するためのシステムに用いるための、サセプタベアリングの一実施形態の略図である。

【図4】図4は図3のサセプタベアリングに被さって延伸されているガラスチューブを示す略図である。

20

【図5】図5は、軟化ガラスとサセプタベアリングの間の間隙を示す、図4のサセプタベアリングの一部分の拡大図である。

【図6A】図6Aは拡張されたガラスチューブからガラスシートを切り開いて実質的に無欠陥のエッジを有するガラスシートを作成するためのプロセスを簡略に示す。

【図6B】図6Bは拡張されたガラスチューブからガラスシートを切り開いて実質的に無欠陥のエッジを有するガラスシートを作成するためのプロセスを簡略に示す。

【図6C】図6Cは拡張されたガラスチューブからガラスシートを切り開いて実質的に無欠陥のエッジを有するガラスシートを作成するためのプロセスを簡略に示す。

【発明を実施するための形態】

【0011】

30

本明細書に説明される連続ガラスシートを形成するための、それらの例が添付図面に示されている、様々な方法及び装置をここで詳細に参照する。可能であれば必ず全図面を通して同じ参照数字が同じかまたは同様の要素を指して用いられる。ガラスチューブから連続ガラスシートを作成するためのシステムの一実施形態が図1に示される。システムは概ね、実質的にベル形のサセプタベアリング、加熱システム、延伸システム及び切開装置を備える。本システム及び連続ガラスシートを形成するために本システムを用いる方法の様々な実施形態がここで詳細に説明される。

【0012】

ここで図1及び2を参照すれば、ガラスチューブから連続ガラスシートを形成するためのシステム200、300の2つの実施形態が簡略な断面図で示されている。システム200、300は縦型に構成され、全般に、サセプタベアリング100、加熱システム118、延伸機構128及び切開装置140を備えることができる。システム200、300はさらに連続ガラスシートをロールまたは格納スプールに巻き取るための巻取機構160を備えることができる。図2に示されるシステム300は熔融ガラス152を入れるためのガラス送出槽150をさらに備えることができる。

40

【0013】

次に図1～3を参照すれば、サセプタベアリング100は実質的にベル形であり、中心線C_Lに関して回転対称である。サセプタベアリング100は(図1及び2に示される)内部チャンバ116を定める側壁110を有することができる。一実施形態において、サセプタベアリング100は、図3に示されるように、頂部102、中間上部104、中間下

50

部 1 0 6 , 及び底部 1 0 8 を有する。頂部 1 0 2 及び底部 1 0 8 は実質的に円柱形であり、底部 1 0 8 の直径は頂部 1 0 2 の直径より大きい。例えば、頂部 1 0 2 の直径は約 2 8 mm ~ 約 3 5 0 mm とすることができ、底部 1 0 8 の直径は約 6 0 mm ~ 約 7 0 0 mm とすることができる。

【 0 0 1 4 】

中間上部 1 0 4 は、サセプタベアリング 1 0 0 の直径が頂部 1 0 2 から中間下部 1 0 6 にかけて大きくなっていくような、実質的に円錐形とすることができる。例えば、一実施形態において、側壁 1 1 0 の表面がサセプタベアリングの中心線 C_L に対して約 30° ~ 約 45° の角度をなすような形に、中間上部 1 0 4 をつくることができる。

【 0 0 1 5 】

中間下部 1 0 6 は実質的に球形とすることができる。「実質的に球形」は、本明細書に用いられるように、サセプタベアリング 1 0 0 の中間下部 1 0 6 が、サセプタベアリングの表面において一様な曲率半径を有し、延長すれば球をなすであろうことを意味する。したがって、サセプタベアリング 1 0 0 の中間下部 1 0 6 が球の断面と同様の幾何学的形状を有し得ることは理解されるであろう。例えば、中間下部 1 0 6 におけるサセプタベアリング 1 0 0 の表面は、中間上部 1 0 4 の実質的に円錐形と底部 1 0 8 の実質的に円柱形の間の遷移をなす、曲率半径を有することができる。

【 0 0 1 6 】

一実施形態において、中間上部 1 0 4 は第 1 の区画 1 0 4 A 及び第 2 の区画 1 0 4 B を有することができる。第 1 の区画 1 0 4 A において側壁 1 1 0 の表面は中心線 C_L に対して第 1 の角 θ_1 をなすことができ、第 2 の区画 1 0 4 B において側壁 1 1 0 の表面は中心線 C_L に対して、 $\theta_1 < \theta_2$ である、第 2 の角 θ_2 をなすことができる。

【 0 0 1 7 】

ここではサセプタベアリング 1 0 0 が実質的にベル形であって、頂部 1 0 2 , 中間上部 1 0 4 , 中間下部 1 0 6 及び底部 1 0 8 を有するとして説明されているが、サセプタベアリング 1 0 0 が他の形状を有し得ることは当然である。例えば、サセプタベアリング 1 0 0 は実質的に円錐形とすることができ、あるいは実質的に放物筒形とすることができる。したがって、サセプタベアリングが、ここでさらに詳細に説明されるように、サセプタベアリングの表面に被さって延伸されるガラスチューブの拡張及び薄化に適するいかなる形状もとることは理解されるであろう。

【 0 0 1 8 】

図 1 ~ 3 をさらに参照すれば、サセプタベアリング 1 0 0 の側壁 1 1 0 は、内部チャンバ 1 1 6 に導入された加圧流体が側壁 1 1 0 を通してサセプタベアリング 1 0 0 から放出され得るように、多孔質とすることができる。例えば、サセプタベアリング 1 0 0 を形成する材料は、約 1 % より大きく、さらに好ましくは約 2 % より大きく、最も好ましくは約 3 % ~ 約 6 % の、多孔度を有することができる。サセプタベアリング 1 0 0 を形成する材料は、サセプタベアリングに被さって延伸されている、加熱されたガラスをサセプタベアリングが汚染しないように、高温で安定であるべきである。

【 0 0 1 9 】

一実施形態において、サセプタベアリング 1 0 0 は、仏国の Carbon Lorraine 社で生産された Ref.2020 のような、多孔質炭素材料で形成される。Ref.2020 は一般に、平均炭素粒径が約 $5\mu\text{m}$ ~ 約 $20\mu\text{m}$ であり、多孔度は約 4 % である。サセプタベアリング 1 0 0 が炭素で形成されている場合、側壁 1 1 0 の径方向厚さ T は、約 6 mm ~ 約 12 mm とすることができる。一実施形態において、側壁 1 1 0 の径方向厚さ T は頂部 1 0 2 から底部 1 0 8 まで実質的に一様である。あるいは、側壁 1 1 0 の径方向厚さ T は非一様とすることができる。例えば、側壁 1 1 0 の径方向厚さ T が非一様である場合、径方向厚さは側壁 1 1 0 の最大径方向厚さ T の約 30 % まで変わり得る。この実施形態において、側壁の径方向厚さが減じられた領域は内部チャンバ 1 1 6 に導入される加圧ガスをより多く透過させることができ、よって側壁 1 1 0 を通過する局所ガス流束が大きくなり得る。

【 0 0 2 0 】

ここでは多孔質炭素材料からなるとしてサセプタベアリング100の一例を説明しているが、セラミック材料のような高温で安定な別の材料でサセプタベアリングを形成できることは当然である。例えば、一実施形態において、コーゼライトセラミックまたは同様のセラミック材料を用いてサセプタベアリング100を形成することができる。

【0021】

図1及び2を改めて参照すれば、サセプタベアリング100は封止可能な態様で支持体114上に取り付けることができる。支持体114は、サセプタベアリング100の内部チャンバ116に流体が通じる態様で結合された、パイプ、コンジットまたは同様の流体給送デバイスのような、流体供給チャンネル112を有することができる。流体供給チャンネル112は加圧流体を内部チャンバ116に給送するためにはたらくことができる。ここで説明している実施形態において、加圧流体は加圧ガス、特に、窒素、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、キセノン、等を含むがこれらには限定されない、不活性加圧ガスとすることができる。

10

【0022】

図1に示されるシステム200の実施形態において、サセプタベアリング100及び支持体114は固定され、サセプタベアリング100に被さって延伸されているチューブ形ガラスプリフォーム170は、チューブ形ガラスプリフォーム170がサセプタベアリングに被さって加熱され、拡張されて、薄化されながら、サセプタベアリング100に対して回転させられる。

【0023】

20

しかし、システム300がサセプタベアリング100の熔融ガラスのチューブを供給するためのガラス送出槽150を備える、図2に示されるシステム300の実施形態においては、サセプタベアリング100に被さって延伸されているガラスチューブ内でサセプタベアリング100が回転するように、サセプタベアリング100をガラス送出槽150に対して回転させることができる。例えば、この実施形態において、サセプタベアリング100及び取り付けられた支持体100を、電気モーターの回転電機子に支持体114が機械的に結合されている場合のように、回転させることができる。

【0024】

図1及び2をまた改めて参照すれば、サセプタベアリング100を囲んで加熱システム118を配置することができる。一実施形態において、加熱システム118は、Axio社で製造された10kW誘導加熱ユニットのような、誘導加熱システムを備えることができる。しかし、集束赤外線加熱、抵抗加熱及び/またはこれらの組合せを含むがこれらには限定されない、別のタイプの加熱システムを用い得ることは当然である。さらに、図1及び2はサセプタベアリング100を囲んで配置されているとして加熱システムを示しているが、加熱システム118が抵抗加熱システムである場合のように、加熱システム118をサセプタベアリング100と一体化し得ることも当然である。

30

【0025】

加熱システム118は、サセプタベアリング100を囲む少なくとも2つの区分化加熱ゾーンを形成するにはたらしめることができる。例えば、図1及び2に示される実施形態において加熱システム118は、上部誘導コイル120、中間誘導コイル122及び下部誘導コイル124の、3つの独立誘導コイルを備える。それぞれの誘導コイルは、サセプタベアリング100を囲む3つの個別加熱ゾーンが形成されるように、独立に動作させることができる。例えば、上部誘導コイル122は、サセプタベアリングに被さって延伸されるガラスの軟化温度またはその直下の温度にサセプタベアリング100を加熱するための第1の温度 T_1 ではたらしめることができる。中間誘導コイル122は T_1 よりも高い第2の温度 T_2 ではたらしめることができ、下部誘導コイルは T_1 より低い第3の温度(例えばガラスの軟化点より低い温度) T_3 で動作させることができる。誘導コイルのそれぞれで加熱される温度は、サセプタベアリング100に被さって延伸されるガラスの特定の組成に関して、本明細書でさらに詳細に説明される。

40

【0026】

50

さらに、加熱システム 118 が、サセプタベアリング 100 に被さって延伸されるガラスの温度を制御するために、サセプタベアリングの表面から放出される加圧流体と協働し得ることは当然である。

【0027】

加熱システム 118 及びサセプタベアリング 100 は、サセプタベアリング 100 に被さって延伸される、加熱されて軟化したガラス 171 を、例えば塵埃及び/またはその他の粒状物質のような、空中浮遊汚染物から遮蔽するために少なくとも一部を外囲器 126 内に配置することができる。

【0028】

図 1 及び 2 をさらに参照すれば、ガラスチューブからガラスシートを形成するためのシステム 200, 300 は延伸機構 128 をさらに備えることができる。延伸機構 128 は一般にサセプタベアリング 100 の下側に配置され、サセプタベアリング 100 に被さって延伸されるガラスチューブと接触し、ガラスチューブを下方に延伸するようにはたらくことができる、少なくとも 1 つの牽引ホイールを備えることができる。延伸機構 128 はガラスチューブの回転を補助することもできる。したがって、延伸機構はガラスチューブを延伸するための下方への運動と回転運動のいずれも与えることができるから、少なくとも 1 つの牽引ホイールがそのまわりを回転する、回転軸が水平軸に平行ではないことは理解されるであろう。詳しくは、少なくとも 1 つの牽引ホイールは、ガラスチューブが切り開かれる角度またはピッチと少なくとも 1 つの牽引ホイールの角方位が同じであるように配置することができる。

【0029】

図 1 及び 2 に示されるシステム 200, 300 の実施形態において、延伸機構 128 は、支持体 114 のまわりで等間隔に隔てられた、少なくとも 3 対の対向する牽引ホイールを備える。例えば、延伸機構 128 が 3 対の対向牽引ホイールを備えている場合、支持体 114 のまわりで 120° 毎に牽引ホイールを配置することができる。

【0030】

それぞれの対向牽引ホイール対は内側牽引ホイール 130 及び外側牽引ホイール 132 を有することができる。内側牽引ホイール 130 及び外側牽引ホイール 132 の内の少なくとも一方はホイールを駆動するようなモーターに結合させることができる。内側牽引ホイール 130 は支持体 114 上に取り付けられ、外側牽引ホイール 132 は外部支持構造 (図示せず) 上に取り付けられる。外側牽引ホイール 132 は、内側牽引ホイール 130 と外側牽引ホイール 132 の間に拡張されたガラスチューブ 172 が配置され得るように、対応する内側牽引ホイール 130 から隔てられる。したがって、内側牽引ホイール 130 は拡張されたガラスチューブ 172 にチューブの内面上で (例えば拡張されたガラスチューブ 172 の内径すなわち ID に沿って) 接触することができ、外側牽引ホイール 132 は拡張されたガラスチューブ 172 に拡張されたガラスチューブの外面上で (例えば拡張されたガラスチューブ 172 の外径すなわち OD に沿って) 接触することができる。

【0031】

ここで説明される実施形態において、延伸機構 128 は、拡張されたガラスチューブ 172 に延伸機構 128 の牽引ホイールが接触する前にガラスチューブ 172 がガラスの歪点より高い温度まで空冷されるように、サセプタベアリング 100 の下側に十分な距離をおいて配置することができる。例えば、加熱され、サセプタベアリング 100 に被さって延伸されるパイレックス (登録商標) 7761 (歪点 = 458 °) のようなホウケイ酸ガラスのチューブに対して、延伸機構 128 は、拡張されたガラスチューブ 172 に延伸機構 128 が接触する前に拡張されたガラスチューブ 172 が高くとも 650 ° には空冷されるように、サセプタベアリング 100 の下側に配置することができる。

【0032】

図 1 及び 2 をさらにまた参照すれば、ガラスチューブからガラスシートを形成するためのシステム 200, 300 は、拡張されたガラスチューブ 172 を切り開いて連続ガラスシート 400 または連続リボンにするためにはたらくことができる、切開装置 140 をさ

10

20

30

40

50

らに備えることができる。切開装置 140 は、CO₂ レーザ、周波数 4 通倍 266 nm YAG レーザまたはエキシマーレーザ (193/248/308 nm) のようなレーザ、ブレード、シャーまたはダイヤモンドスコアラーのような機械的切開装置、あるいは拡張されたガラスチューブ 172 を材料内の熱応力の伝搬に基づいて切り開く装置を備えることができる。連続ガラスシート 400 の幅は、サセプタベアリング上にガラスチューブが送られる速度、ガラスチューブがサセプタベアリングに被さって延伸される速度、サセプタベアリングとガラスチューブの相対回転速度及び拡張されたガラスチューブ 172 が切り開かれるピッチを変えることで制御することができる。

【0033】

一実施形態において、切開装置 140 は延伸機構 128 の下側に配置された CO₂ レーザである。詳しくは、切開装置は、ガラスチューブがガラスの歪点より高い温度にある間に、ガラスチューブが CO₂ レーザによって切り開かれるように、延伸機構 128 の下側に適当な距離をおいて配置することができる。ガラスの歪点より高い温度でガラスを切り開くことで、切り開かれた連続ガラスシート 400 内の残留応力の増進が軽減される。

【0034】

図 6A ~ 6C を参照すれば、別の実施形態において、切開装置 140 は、ガラスがガラスの歪点より低い温度にあるときに拡張されたガラスチューブ 172 を切り開くように配置された CO₂ レーザである。CO₂ レーザは得られるガラスシートが無欠陥エッジを有するようにガラスを切り開くために用いることができる。この実施形態において、CO₂ レーザは、最大パワーが 80 W でビーム径が 7.2 mm の、10.6 μm 波長 Synrad RF 励起 CO₂ レーザとすることができる。CO₂ レーザのビームは、切り開かれるガラスの表面上に 2.5 インチ (63.5 mm) 集束レンズを用いて集束させてガラス上に 131 μm のスポットを形成することができる。

【0035】

図 6A ~ 6C を続いて参照すれば、ガラスを切り開くため、融解によるガラスの分離域 350 及び分離域 350 の両側の熱影響域 (TAZ) 302 の形成をおこさせるに十分なパワーをもつ CO₂ レーザのビーム 306 を (図 6A に断面で示されるように) 向けることができる。厚さが約 150 μm までのホウケイ酸ガラスを切り開くため、CO₂ レーザのパワーは約 60 W ~ 約 80 W とすることができる。 (図 6B に示される) TAZ 302 の幅は一般に約 1 mm になり得る。CO₂ レーザによってガラスに誘起される高い熱応力が、TAZ 302 に直に接してクラック 310 を発現させ、CO₂ レーザの切開経路に平行にクラック 310 を伝搬させる。クラックは、図 6C に示されるように、TAZ 302 をガラスの残余部分から (例えば拡張されたガラスチューブ 172 及び切り開かれたガラスシート 400 から) 分離させ、拡張されたガラスチューブ 172 及び切り開かれた連続ガラスシート 400 のそれぞれに無欠陥エッジ 308 を残す。

【0036】

この切開法は厚さが約 20 μm ~ 約 150 μm のガラスを約 25 mm/秒 ~ 約 45 mm/秒の切開速度で切り開くために用いることができ、与えられたレーザパワーに対し、ガラスが薄くなるほど所要切開速度が速くなる。例えば厚さが 120 μm のホウケイ酸ガラスに対し、約 80 W のレーザパワーで約 25 mm/秒 ~ 約 30 mm/秒の切開速度を用いて、切り開かれたガラスに実質的に無欠陥のエッジを生じさせることができる。同様に、厚さが 100 μm のホウケイ酸ガラスに対しては、約 80 W のレーザパワーで約 35 mm/秒 ~ 約 40 mm/秒の切開速度を用いて実質的に無欠陥のエッジを生じさせることができ、厚さが 70 μm のホウケイ酸ガラスは、約 80 W のレーザパワーで約 40 mm/秒 ~ 約 45 mm/秒の切開速度で切り開いて実質的に無欠陥のエッジを生じさせることができる。

【0037】

ガラスを切り開くために用いられる手法にかかわらず、切開装置 140 は拡張されたガラスチューブ 172 を、延伸機構 128 の牽引ホイールとの接触によってガラスに導入され得るいかなる欠陥もレーザの切開経路にあり、よってガラスが切り開かれるにしたがって除去されるように、延伸機構の牽引ホイールが拡張されたガラスチューブ 172 に接触

10

20

30

40

50

する線に沿って切り開くように配置することができる。

【 0 0 3 8 】

さらに、拡張されたガラスチューブ 1 7 2 からガラスが螺旋または渦線をなして切り開かれるような角度またはピッチで切開装置 1 4 0 をガラスに対して配置することができる。ピッチは拡張されたガラスチューブに対する切開装置の角方位を調節することで設定することができる。切開装置のピッチは、延伸機構の延伸速度とともに、得られる連続ガラスシート 4 0 0 の幅を決定する。

【 0 0 3 9 】

図 1 及び 2 を改めて参照すれば、ガラスチューブからガラスシートを形成するためのシステム 2 0 0 , 3 0 0 は巻取機構 1 6 0 をさらに備えることができる。巻取機構 1 6 0 は一般に、切り開かれた連続ガラスシート 4 0 0 を巻き付けることができる回転スプールまたはロール 1 6 2 を備えることができる。巻取機構 1 6 0 の回転軸 1 6 1 は、切り開かれた連続ガラスシート 4 0 0 がスプールまたはロール上に均一に巻き付けられ得るように、拡張されたガラスチューブ 1 7 2 が切り開かれるピッチに対して概ね垂直とすることができる。さらに、巻取機構 1 6 0 の回転速度は、ガラスチューブがサセプタベアリング 1 0 0 に被さって延伸され、切り開かれて、連続ガラスシート 4 0 0 にされる速度に一致するように、変えることができる。

【 0 0 4 0 】

ガラスチューブから連続ガラスシートを形成するためのシステム 2 0 0 , 3 0 0 の機能を説明するため、図 1 及び 2 を続けて参照する。一実施形態において、ガラスチューブは、図 1 に示されるようにサセプタベアリング 1 0 0 の頂部 1 0 2 に被せて配置することができる、硬質のチューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 である。本明細書に示されるようにチューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 には一般に、内径がサセプタベアリング 1 0 0 の頂部の直径より若干大きい、中空ガラス円筒を含めることができる。ガラスチューブの壁厚は数 mm 程度とすることができる。例えば、一実施形態においてはガラスチューブの壁厚を 2 mm とすることができる。しかし、ガラスチューブの壁厚を 2 mm より大きくまたは 2 mm より小さくし得ることは当然である。さらに、チューブ形ガラスプリフォームは本明細書において円筒または準円筒として示され、説明されるが、チューブ形ガラスプリフォームがその他の様々な幾何学的形状をとり得ることは当然である。例えば、一実施形態において、チューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 は楕円形または長円形の断面、あるいは同様の細長い断面を有することができる。

【 0 0 4 1 】

チューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 は、例えば、「パイレックス」7 7 6 1 または同様の組成の「パイレックス」ガラス、J a d e (商標)あるいはE a g l e 2 0 0 0 (商標)のような、ホウケイ酸ガラスからなることができる。一実施形態において、チューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 は、チューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 をサセプタベアリング 1 0 0 に被せて重力によって送りながら、サセプタベアリング 1 0 0 に対して約 2 r p m ~ 約 1 0 r p m の速度で回転させることができる。

【 0 0 4 2 】

チューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 をサセプタベアリング 1 0 0 に被せて送りながら、加熱システム 1 1 8 を用いてチューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 をガラスの軟化点より高い温度に加熱することができる。例えば、サセプタベアリング 1 0 0 に被さって送られるガラスチューブが固体ガラスプリフォームである場合、ガラスの軟化点直下の温度にガラスチューブを予備加熱するために上部誘導コイル 1 2 0 をはたらかせることができる。例えば、チューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 が「パイレックス」7 7 6 1 からなる場合、誘導コイル 1 2 0 を用いてチューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 を 6 5 0 の第 1 の温度 T_1 に加熱することができる。一実施形態においてサセプタベアリング 1 0 0 に被さって延伸されるガラスチューブは固体チューブ形ガラスプリフォーム 1 7 0 であるが、別の実施形態において、ガラスチューブは初めから熔融ガラスのチューブとすることができる。例えば、図 2 に示されるように、サセプタベアリング 1 0 0 の頂部を熔融ガラス 1 5

2が入っているガラス送出槽150に結合させることができる。溶融ガラス150は、例えば、「パイレックス」7761または同様の組成の「パイレックス」ガラス、JadeあるいはEagle2000のような、ホウケイ酸ガラス組成とすることができる。溶融ガラス150がガラス送出槽150から流れ出て、サセプタベアリングの上に流れると、サセプタベアリング100の頂部は溶融ガラスをサセプタベアリング100の頂部の直径と同じ寸法の内径を有する中空チューブにする。この実施形態において、サセプタベアリング100は、ガラスがサセプタベアリング100の上を流れている間に、約2rpm～約10rpmで回転することができる。

【0043】

溶融ガラス152がサセプタベアリングの上を流れるにつれて、ガラスは空冷されて、固化し始める。ガラスベアリング100上のガラスチューブの流れを維持するため、加熱システム118を用いてガラスチューブの温度をガラスの軟化点より高い温度に維持することができる。例えば、上述したように、上部誘導コイル120を用いて、サセプタベアリング100上をガラスが下方に送られている間、ガラスをガラスの軟化点より高い第1の温度 T_1 に維持することができる。

【0044】

ガラスが延伸システム128の牽引ホイールと接触する位置につけられ得るまで、ガラスは初めサセプタベアリング100上を重力で送られるか、延伸されるかまたは引っ張られる。その後は、重力送りと延伸機構128による延伸の組合せが、サセプタベアリング100に被さるガラスの連続延伸を維持するために用いられる。

【0045】

ここで図1～4を参照すれば、ガラス170がサセプタベアリング100の中間上部104に達すると、中間誘導コイル122によってガラスをガラスの軟化点より高い第2の温度 T_2 に加熱して、流れているガラスの可塑性を高めることができる。例えば、ガラスが「パイレックス」7761である場合、第2の温度 T_2 は約885とすることができる。プリフォームのガラスが軟化温度の上まで加熱されると、ガラスは柔軟になり、ガラスがサセプタベアリング100上を下方に送られるにつれて、サセプタベアリングの形状と概ね同じ形状をとる。したがって、サセプタベアリング100の中間上部104の形状により、軟化ガラス171がサセプタベアリング100の中間上部104の上で延伸されるにつれて、軟化ガラス171は、直径が拡げられる(例えば軟化ガラス171の周が大きくされる)とともに、薄化される(例えば軟化ガラス171の壁厚が小さくされる)。

【0046】

次に図4及び5を参照すれば、軟化ガラス171がサセプタベアリング100上で延伸されている間、特に軟化ガラス171がサセプタベアリング100の中間上部104、中間下部106及び底部108の上で延伸されている間、サセプタベアリング100と軟化ガラス171の間に機械的接触がないように、軟化ガラス171はサセプタベアリング100の表面の上方で支持される、すなわち浮かせられる。これは、例えば圧縮窒素ガスのような、圧縮流体を流体供給チャネル112を介してサセプタベアリング11の内部チャンバ116に供給することによって達成される。内部チャンバ内の流体の圧力は、加圧流体の流束がサセプタベアリング100の多孔質側壁を通して放出されるように、約0.5～約3バールとすることができる。多孔質側壁を通った流体の流束は軟化ガラス171を吹いて外側に押し、サセプタベアリング100の表面から径方向に遠ざけ、よって軟化ガラス171を拡げて薄くすると同時に、溶融ガラス171のサセプタベアリング100の表面への接触を防止する。例えば、図5に示されるように、流束によってサセプタベアリング100の側壁110の表面の上方の、約200 μm より小さく、好ましくは約150 μm より小さく、さらに好ましくは約120 μm より小さい、距離Sに軟化ガラス171を支持することができる。

【0047】

軟化ガラスの拡張及び薄化が、サセプタベアリング100の形状により、主としてサセプタベアリングの中間上部104の上でおこることは当然である。軟化ガラス171にお

10

20

30

40

50

こる径方向拡張の大きさはサセプタベアリング 100 の形状及び寸法に、またサセプタベアリング 100 の側壁 100 を通る流束の大きさにも、関係付けることができる(例えば、流束が大きくなるほど、軟化ガラス 171 はサセプタベアリング 100 の表面上方をさらに遠くまで吹き離される、すなわち浮かされる)。軟化ガラス 171 の厚さの薄化または減少の量は、サセプタベアリング 100 の形状及び寸法、サセプタベアリング 100 の側壁 110 を通る流体の流束、ガラスがサセプタベアリング 100 上に送られる速度、及び延伸機構 128 によってガラスがサセプタベアリング上を延伸される速度に依存し得る。一般に、軟化ガラスが延伸される速度が大きくなるほど、軟化ガラスは薄くなる。

【0048】

図 1 ~ 4 を改めて参照すれば、サセプタベアリング 100 の中間上部 104 上で軟化ガラス 171 が拡張され、薄化された後、軟化ガラス 171 はサセプタベアリング 100 の中間下部 106 から底部 108 に送られ、そこで軟化ガラス 171 はその最終寸法に較正される。軟化ガラス 171 がサセプタベアリング 100 の底部 108 の上を移動するにつれて、ガラスの温度は、ガラスが円柱形状及び厚さを維持するようにガラスを固化させるために、ガラスの軟化点以下まで急速に下げられる。例えば、ガラスが「パイレックス」7761 である場合、ガラスが急速に空冷されて所望の寸法に「凍結」され得るように、ガラスを 810 の温度に加熱するために下部誘導コイル 124 を設定することができる。

【0049】

軟化点以下まで冷却された後、(今では拡張されたガラスチューブ 172 になっている)ガラスチューブに延伸機構 128 が接触して、拡張されたガラスチューブ 172 に下方延伸力と周縁力すなわち回転力のいずれもかける。上述したように、延伸機構 128 の牽引ホイール 130, 132 は、ガラスがガラスの歪点より高い温度にある間に、拡張されたガラスチューブ 172 に接触することができる。例えば、ガラスが「パイレックス」7761 である場合、延伸機構 128 はガラスの温度が約 600 であるときに拡張されたガラスチューブ 172 に接触する。

【0050】

拡張されたガラスチューブ 172 が下方に延伸された後は、拡張されたガラスチューブ 172 を上述したように切り開いて連続ガラスシートにすることができる。さらに詳しくは、拡張されたガラスチューブ 172 はトラクターホイールの走行経路に沿って切り開かれ、よってガラスとの牽引ホイールの機械的接触によって生じるいかなる欠陥も除去される。本明細書に示され、説明される実施形態において、拡張されたガラスチューブを連続ガラスシートにするために、チューブは螺旋または渦線をなして切り開かれる。その後、連続ガラスシート 400 は巻取機構 160 によって格納スプールまたはロールに巻き付けることができる。

【0051】

本明細書に説明されるシステム及び方法はガラスチューブから連続ガラスシートを形成するために利用することができる。さらに詳しくは、本明細書に説明される方法及びシステムは、厚さが、約 150 μm より小さく、さらに好ましくは約 100 μm より薄く、最も好ましくは約 50 μm より小さい、連続ガラスシートを形成するために利用することができる。ガラスシートの形成中のガラスとの機械的接触が最小限に抑えられるから、本明細書に説明されるシステム及び方法を利用して形成される連続ガラスシートは小さい表面粗さを有することができる。例えば、連続ガラスシートは、約 2 nm Ra より小さく、さらに好ましくは約 1 nm Ra より小さく、最も好ましくは約 0.6 nm Ra より小さい、表面粗さを有することができる。

【0052】

さらに、本明細書に説明される方法及びシステムが様々な幅を有するガラスシートの形成に利用され得ることは当然である。例えば、最大外径(例：底部の直径)が約 700 mm のサセプタベアリングを用いて、約 2.1 m までの幅を有する連続ガラスシートを作成することができる。しかし、切開装置のピッチ及び/またはサセプタベアリング上のガラス

10

20

30

40

50

の送り速度及び延伸速度を調節することにより、同じサセプタベアリングを利用して狭幅ガラスリボンも形成できることは当然である。

【実施例】

【0053】

以下の実施例により、上述した実施形態がさらに明解になるであろう。

【0054】

実施例 1

内径 56 mm、外径 60 mm 及び厚さが 2 mm の「パイレックス」7761 (軟化点 = 820、歪点 = 458) の中空チューブ形ガラスプリフォームを、外径が 55.4 mm の頂部、外径が 102 mm の底部及び厚さ T が 6 mm の側壁を有するサセプタベアリングに被せて配置した。サセプタベアリング 100 に対して 4 rpm の速度でチューブ形ガラスプリフォームを回転させた。チューブ形ガラスプリフォームを 100 mm/分の速度でサセプタベアリングの上で延伸しながら、プリフォームをサセプタベアリングの頂部周囲で 650 の第 1 の温度 T_1 に加熱し、サセプタベアリングの中間上部周囲で 885 の第 2 の温度 T_2 に加熱し、サセプタベアリングの底部周囲で 810 の第 3 の温度 T_3 に加熱した。軟化したチューブ形ガラスプリフォームのガラスを、約 0.8 バールの圧力の加圧窒素ガス流をサセプタベアリングの内部チャンバに供給し、続いて、サセプタベアリングの側壁を通して放出することによって吹き離して、サセプタベアリングから約 120 μ m の距離に浮き上がらせた。サセプタベアリング上で延伸した後に、拡張されたガラスチューブを軟化温度以下まで冷却した。チューブ形ガラスプリフォームの最終外径は約 60 mm から約 102 mm に大きくなり、チューブ形ガラスプリフォームの厚さは 2 mm から約 50 μ m に小さくなった。その後、ガラスを切り開き、切り開かれたガラスに Zygo 表面計測器を用いて表面粗さ測定を実施した。切り開かれたガラスは、チューブ形ガラスプリフォームからガラスを形成する非接触法に帰因する、約 0.6 nm Ra より小さい表面粗さを有していた。

【0055】

本明細書に説明される方法及びシステムの一利点は格納スプール上に巻き取るに十分に柔軟な連続ガラスシートを円柱形ガラス供給材料から形成できる能力である。ガラスシートは連続であるから、単一のガラススプールから大寸または小寸の個別ガラスシートを形成するためにガラスを利用することができる。さらに、巻き取られた連続ガラスシートは、ガラスが単一の供給源から正確に巻き出されて、所定の寸法に切断され、よって複数枚の個別に形成されたガラスシートに要するハンドリングが減じられる、大規模商業生産作業への材料の組込みを容易にすることができる。

【0056】

本明細書に説明される方法及びシステムを利用して形成された連続ガラスシートの特徴に加えて、本明細書に説明される方法及びシステムは環境にも優しい。例えば、本明細書に説明されるシステムは、システムの内部だけが加熱されて外部環境への加熱損失が極めて抑えられている、比較的小型のシステムである。さらに、プロセスによって消費されるかまたは放出される窒素の量も比較的少ない。最後に、ガラスの加熱に消費される電力が他のガラス形成作業と比べて比較的少ない。

【0057】

本発明の精神及び範囲を逸脱することなく本明細書に説明される実施形態に様々な改変及び変形がなされ得ることが当業者には明らかであろう。したがって、本明細書に説明される実施形態は、いかなる改変及び変形も添付される特許請求項またはそれらの等価物の範囲内に入れば、そのような改変及び変形を包含するとされる。

【符号の説明】

【0058】

- 100 サセプタベアリング
- 112 流体供給チャネル
- 114 支持体

10

20

30

40

50

- 1 1 6 内部チャンバ
- 1 1 8 加熱システム
- 1 2 0 上部誘導コイル
- 1 2 2 中間誘導コイル
- 1 2 4 下部誘導コイル
- 1 2 6 外囲器
- 1 2 8 延伸機構
- 1 3 0 内側牽引ホイール
- 1 3 2 外側牽引ホイール
- 1 4 0 切開装置
- 1 6 0 巻取機構
- 1 6 1 回転軸
- 1 6 2 回転スプール／ロール
- 1 7 0 チューブ形ガラスプリフォーム
- 1 7 1 軟化ガラス
- 1 7 2 拡張されたガラスチューブ
- 2 0 0 システム
- 4 0 0 連続ガラスシート

10

【図 1】

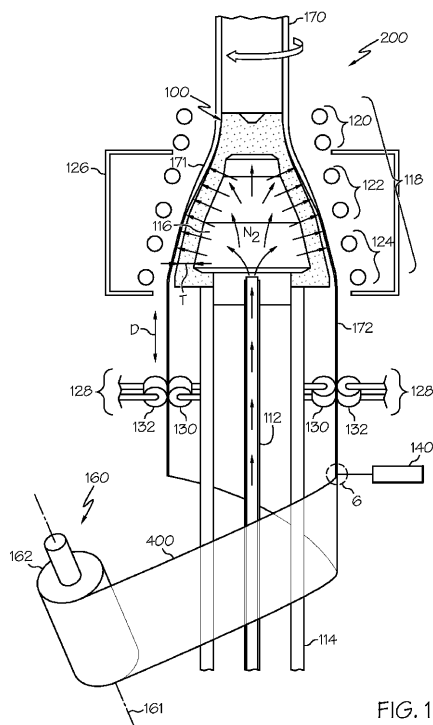


FIG. 1

【図 2】

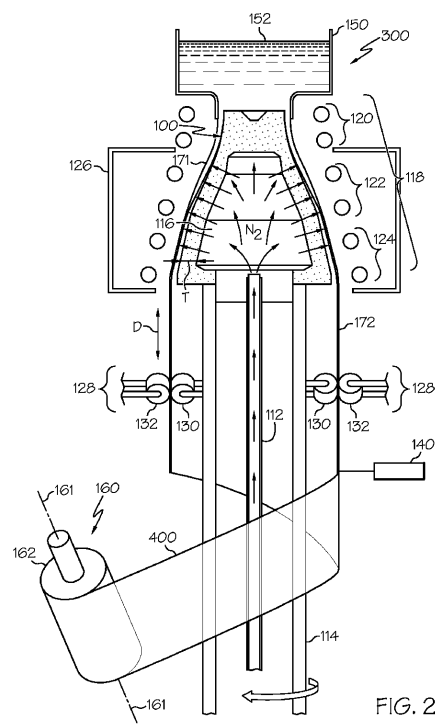


FIG. 2

【図 3】

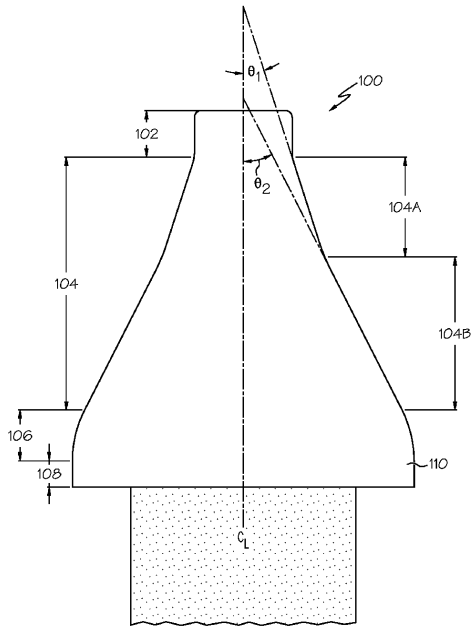


FIG. 3

【図 4】

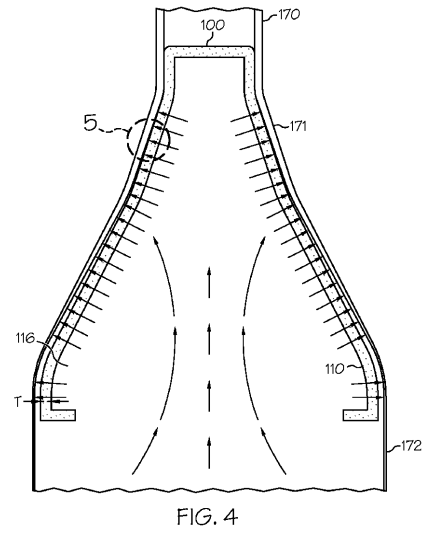


FIG. 4

【図 5】

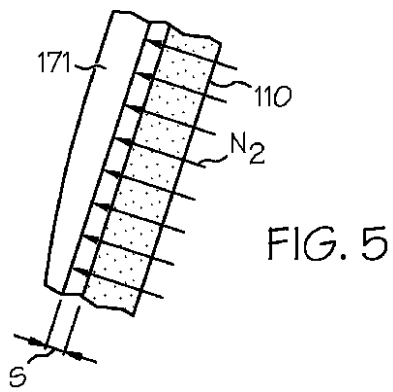


FIG. 5

【図 6 A】

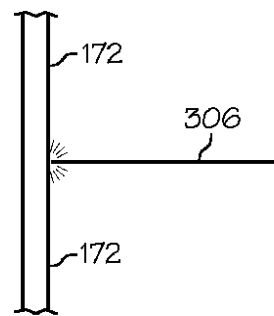


FIG. 6A

【図 6 B】

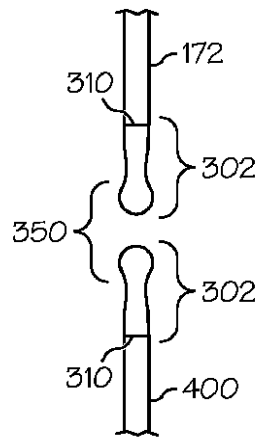


FIG. 6B

【図 6 C】

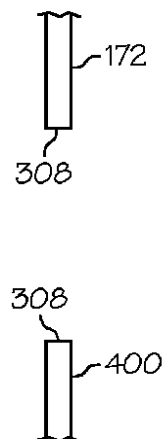


FIG. 6C

フロントページの続き

審査官 田中 則充

(56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 3 2 1 7 1 3 (J P , A)
特表 2 0 0 9 - 5 0 9 8 9 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
C 0 3 B 1 7 / 0 0 - 1 7 / 0 6
C 0 3 B 2 3 / 0 4