



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109982950 A

(43)申请公布日 2019.07.05

(21)申请号 201780069806.8

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(22)申请日 2017.09.11

代理人 张璐 项丹

(30)优先权数据

62/393,918 2016.09.13 US

62/425,308 2016.11.22 US

62/524,191 2017.06.23 US

(51)Int.Cl.

B65G 49/06(2006.01)

C03B 35/18(2006.01)

C03B 17/06(2006.01)

C03B 35/24(2006.01)

B65H 23/24(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.05.10

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/050909 2017.09.11

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/052833 EN 2018.03.22

(71)申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 O·富尔内 A·M·弗雷德霍姆

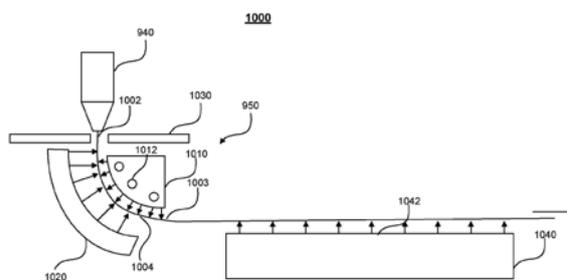
权利要求书11页 说明书41页 附图37页

(54)发明名称

用于处理玻璃基材的设备和方法

(57)摘要

公开了用于在高过气体层的位置非接触式处理基材(例如玻璃基材)的设备和方法。支承设备包括定位在压力箱上的多个气体轴承,所述压力箱供应有加压气体。一些实施方式涉及一种支承和运输软化玻璃的方法。所述方法包括将玻璃放置在具有支承表面的气体轴承装置附近,并且在所述支承表面中设置有多个出口端口。一些实施方式涉及玻璃处理设备,其包括被构造用于连续运输并支承玻璃流的空气台以及受支承结构支承并设置在空气台上方的多个模块化装置。一些实施方式涉及利用双侧气体轴承装置或单侧气体轴承装置来使粘性玻璃平坦化的方法。



1. 一种用于支承在传送方向上移动的基材的设备,所述设备包括:  
压力箱,其包封有与加压气体源流体连通的腔室;  
定位在压力箱上的气体轴承,所述气体轴承包括:  
充气室,其与所述腔室流体连通并且在气体轴承的长度方向上延伸,  
中间通道,其通过阻抗孔与充气室流体连通,所述阻抗孔的尺寸被调整成限制充气室与中间通道之间的气体流动,以及  
狭缝,其与中间通道流体连通并且沿着气体轴承的长度方向延伸,狭缝在气体轴承的主表面处开口并被构造用于沿着狭缝的长度排出气体。
2. 根据权利要求1所述的设备,其中,气体轴承包括限定气体轴承主表面的多个边缘,所述多个边缘包括第一对相对的平行边缘,它们相对于传送方向成角 $\alpha$ 布置,其中, $\alpha$ 在约20度至约60度的范围内。
3. 根据权利要求1所述的设备,其中,阻抗孔的出口孔隙与狭缝开口之间的距离等于或大于约5毫米。
4. 根据权利要求1所述的设备,其中,阻抗孔的出口孔隙与狭缝开口之间的距离在约5毫米至约10毫米的范围内。
5. 根据权利要求2所述的设备,其中,阻抗孔的中心纵轴正交于主表面。
6. 根据权利要求2所述的设备,其中,阻抗孔的中心纵轴平行于主表面。
7. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述设备包括定位在压力箱上的多个气体轴承,所述多个气体轴承被布置成正交于传送方向延伸的多个排。
8. 根据权利要求1所述的设备,其中,压力箱包括与冷却流体源流体连通的冷却通道。
9. 根据权利要求1所述的设备,其中,狭缝的宽度沿着狭缝的长度是均匀的。
10. 一种用于支承玻璃基材的设备,所述设备包括:  
压力箱,其包封有与加压气体源流体连通的腔室;  
定位在压力箱表面上的多个气体轴承,所述多个气体轴承被布置成正交于玻璃基材的传送方向延伸的多个排,所述多个气体轴承中的每个气体轴承包括:  
充气室,其与所述腔室流体连通并且在气体轴承的长度方向上延伸,  
中间通道,其通过阻抗孔与充气室流体连通,所述阻抗孔的尺寸被调整成限制内部充气室与中间通道之间的气体流动,  
狭缝,其与中间通道流体连通并且沿着气体轴承的长度延伸,狭缝在气体轴承的主表面处开口,使得气体可沿着狭缝的长度从狭缝开口排出;并且  
其中,主表面由多个边缘限定,所述多个边缘至少包括第一对平行边缘,它们相对于传送方向成角 $\alpha$ 布置,其中, $\alpha$ 在等于或大于20度至等于或小于60度的范围内。
11. 根据权利要求10所述的设备,其中,阻抗孔的出口孔隙与主表面处狭缝开口之间的距离 $d$ 等于或大于约5毫米。
12. 根据权利要求11所述的设备,其中,距离 $d$ 在约5毫米至约10毫米的范围内。
13. 根据权利要求10所述的设备,其中,阻抗孔的纵轴正交于主表面。
14. 根据权利要求10所述的设备,其中,阻抗孔的纵轴平行于主表面。
15. 根据权利要求10所述的设备,其中,狭缝的宽度沿着狭缝的长度是均匀的。
16. 一种用于支承玻璃基材的方法,所述方法包括:

在传送方向上,在支承设备上方传送玻璃基材,非接触式支承设备包括压力箱,所述压力箱包封有与加压气体源流体连通的腔室,所述压力箱还包括定位在压力箱上的多个气体轴承,所述多个气体轴承被布置成正交于传送方向延伸的多个排,所述多个气体轴承中的每个气体轴承包括:

在气体轴承的长度方向上延伸的充气室,

中间通道,其通过阻抗孔与充气室流体连通,所述阻抗孔的尺寸被调整成限制充气室与中间通道之间的气体流动,

狭缝,其与中间通道流体连通并且沿着气体轴承的长度延伸,狭缝在气体轴承的主表面处开口;

沿着狭缝长度从狭缝排出气体,由此在与气体轴承的主表面间隔开的位置中支承玻璃基材;并且

其中,气体轴承的主表面由多个边缘限定,所述多个边缘至少包括第一对平行边缘,它们相对于传送方向成角 $\alpha$ 布置,其中, $\alpha$ 在等于或大于20度至等于或小于60度的范围内。

17.根据权利要求16所述的方法,其中,通过阻抗孔的压降等于或大于气体轴承与玻璃基材之间的气体压力的50倍。

18.根据权利要求17所述的方法,其中,所述压降是气体轴承与玻璃基材之间的气体压力的约50倍至约100倍。

19.根据权利要求16所述的方法,其还包括:当在支承设备上方传送玻璃基材时,将玻璃基材加热到高于玻璃基材的退火温度的温度。

20.根据权利要求19所述的方法,其中,玻璃基材的宽度是至少1米,在支承设备上方传送玻璃基材后,玻璃基材的主表面相对于与主表面平行的参比平面的最大变化不超过100微米。

21.根据权利要求16所述的方法,其中,狭缝的宽度沿着狭缝的长度是均匀的。

22.根据权利要求16所述的方法,其中,玻璃基材是玻璃带,所述方法还包括:先从成形主体拉制出玻璃带,再用支承设备支承玻璃带。

23.根据权利要求22所述的方法,其还包括:在用支承设备支承玻璃基材之前,先将玻璃带从第一方向重新定向到与第一方向不同的第二方向。

24.根据权利要求16所述的方法,其中,从邻近于玻璃基材边缘部分定位的气体轴承排出的气体压力大于从定位在玻璃基材中心部分下方的气体轴承所排出的气体压力。

25.根据权利要求16所述的方法,其中,当在支承设备上方传送玻璃基材时,玻璃基材的温度高于玻璃基材的退火温度。

26.根据权利要求16所述的方法,其中,当在支承设备上方传送玻璃基材时,玻璃基材的温度等于或大于约700°C。

27.一种支承软化玻璃的方法,所述方法包括:

将玻璃放置在具有支承表面的气体轴承装置附近,所述支承表面包含多个出口端口,其中,出口端口的密度为至少8,000个出口端口/m<sup>2</sup>;

通过出口端口喷射出气流,以使玻璃由气体支承而不触碰支承表面。

28.如权利要求27所述的方法,其中:

放置玻璃包括:将连续的玻璃流从玻璃进料单元进料到气体轴承装置附近。

29. 如权利要求27所述的方法,所述方法还包括:  
将玻璃保持在气体轴承装置附近一段时间,同时将玻璃的粘度保持在约500泊至约 $10^{13}$ 泊的范围内。
30. 如权利要求27所述的方法,所述方法还包括:  
通过设置在支承表面中的多个通气端口释放支承玻璃的一部分气体。
31. 如权利要求30所述的方法,其中,通气端口形成了密度小于出口端口密度的阵列。
32. 如权利要求28所述的方法,其中,气体轴承装置是空气转向轴承,所述方法还包括:  
在将玻璃流进料到空气转向轴承附近之后:  
在空气转向轴承不接触玻璃的情况下,将玻璃流从第一方向重新定向到第二方向。
33. 如权利要求27所述的方法,其中:  
所述气体轴承是空气台;  
所述玻璃包括连续的玻璃流;  
所述方法还包括:  
在将连续的玻璃流进料到空气台附近之后:  
当连续的玻璃流行进过水平平面时,在空气台不接触玻璃的情况下支承连续的玻璃流。
34. 如权利要求33所述的方法,所述方法还包括:当连续的玻璃流行进过水平平面时,保持整个玻璃流上的张力。
35. 如权利要求28所述的方法,其中,气体轴承装置是蓄积器,所述方法还包括:  
当将连续的玻璃流进料到蓄积器附近时,蓄积所需体积的玻璃,并且利用蓄积器对所述体积的玻璃的表面进行成形而不使蓄积器与成形的玻璃表面的至少一部分接触。
36. 如权利要求35所述的方法,所述方法还包括:利用蓄积器对所述体积的玻璃的表面进行成形而不使蓄积器与成形的玻璃表面之间接触。
37. 如权利要求27所述的方法,其中:  
气体轴承装置是空气模具;  
所述玻璃还包括玻璃片,  
将玻璃放置在气体轴承装置附近包括:将玻璃片放置在空气模具上;  
所述方法还包括:  
使玻璃下垂以将玻璃的表面成形为空气模具的形状而不使空气模具与成形的玻璃表面的至少一部分之间接触。
38. 如权利要求37所述的方法,所述方法还包括:使玻璃下垂以将玻璃的表面成形为空气模具的形状而不使空气模具与成形的玻璃表面之间接触。
39. 如权利要求27所述的方法,其中,气体轴承的最小面积是 $1\text{cm}^2$ 。
40. 如权利要求27所述的方法,其中,出口端口具有均匀的尺寸和间距。
41. 如权利要求27所述的方法,其中,出口端口的密度是至少10,000个出口端口/ $\text{m}^2$ 。
42. 如权利要求27所述的方法,其中,气体轴承装置还包含多个计量管,其中,每个计量管向至少两个出口端口供应气体。
43. 如权利要求27所述的方法,其还包括当玻璃在气体轴承装置附近时,对玻璃进行热成形。

44. 如权利要求27所述的方法,其还包括:通过使控制温度的热流体循环通过气体轴承中的温度控制通道,来控制气体轴承的温度。

45. 如权利要求44所述的方法,其中,控制温度的热流体的温度通过冷却回路来控制,所述冷却回路被构造用于冷却控制温度的流体。

46. 如权利要求44所述的方法,其中,控制温度的热流体的温度通过加热回路来控制,所述加热回路被构造用于加热控制温度的流体。

47. 如权利要求27所述的方法,所述方法还包括:

在通过出口端口喷射出气体之前,先将气体从气体源输送到气体轴承装置;以及在气体到达气体轴承装置之前,先预热气体。

48. 一种玻璃处理设备,其包括:

气体轴承装置,其具有支承表面,所述支承表面包含多个出口端口;

其中,出口端口的密度为至少8,000个出口端口/m<sup>2</sup>;

其中,气体轴承装置被构造用于支承粘性玻璃。

49. 如权利要求48所述的设备,还包括玻璃进料单元,其被构造用于向气体轴承装置提供连续的玻璃流,其中,当玻璃进料单元提供玻璃时,所述玻璃是熔融的。

50. 如权利要求48所述的设备,还包括驱动传送器,其被构造用于接收来自气体轴承装置的连续的玻璃流,其中,所述驱动传送器被构造用于将张力施加于由气体轴承装置支承的玻璃流。

51. 如权利要求48所述的设备,还包括设置在支承表面上的多个通气端口,其中,所述通气端口的密度小于出口端口的密度。

52. 如权利要求51所述的设备,其中,出口端口形成节距为至多3毫米的阵列,并且其中,通气端口形成节距大于出口端口节距的阵列。

53. 如权利要求49所述的玻璃成形设备,其中,气体轴承装置是空气转向轴承,该空气转向轴承被构造成在不接触玻璃的情况下,将玻璃流从第一方向转向到与第一方向不同的第二方向。

54. 如权利要求49所述的玻璃成形设备,其中,气体轴承装置是空气台,该空气台被构造成在不接触玻璃的情况下支承玻璃流。

55. 如权利要求49所述的玻璃成形设备,其中,气体轴承装置是蓄积器,所述蓄积器被构造用于接收和蓄积一定体积的玻璃,并且对该体积的玻璃的表面进行成形而不使蓄积器与成形的玻璃表面的至少一部分之间接触。

56. 如权利要求55所述的玻璃成形设备,其中,所述蓄积器被构造用于接收和蓄积一定体积的玻璃,并且对该体积的玻璃的表面进行成形而不使蓄积器与成形的玻璃表面之间接触。

57. 如权利要求48所述的玻璃成形设备,其中,气体轴承装置是空气模具,该空气模具被构造成在不接触至少一部分玻璃的情况下,使玻璃片塌落。

58. 如权利要求57所述的玻璃成形设备,其中,气体轴承装置是空气模具,该空气模具被构造成在不接触玻璃的情况下,使玻璃片塌落。

59. 如权利要求48所述的玻璃成形设备,其中,出口端口的密度是至少10,000个出口端口/m<sup>2</sup>。

60. 如权利要求48所述的设备,其中,气体轴承装置还包括与多个出口端口流体连通的气体歧管。

61. 如权利要求48所述的玻璃成形设备,其还包括多个计量管,其中,每个计量管与歧管和至少四个出口端口流体连通。

62. 如权利要求48所述的玻璃成形设备,其中,出口端口形成节距最多为3毫米的阵列。

63. 如权利要求48所述的玻璃成形设备,其中,气体轴承的最小面积是 $1\text{cm}^2$ 。

64. 如权利要求48所述的玻璃成形设备,其中,出口端口具有均匀的尺寸和间距。

65. 如权利要求48所述的玻璃成形设备,还包括与气体轴承装置连接的热控制系统,所述热控制系统被构造成通过使控制温度的流体循环通过气体轴承中的温度控制通道,来控制气体轴承的温度。

66. 如权利要求65所述的玻璃成形设备,其中,所述热控制系统被构造用于将玻璃加热到某温度,所述温度足以将玻璃的粘度保持在约500泊至约 $10^{13}$ 泊的范围内。

67. 如权利要求65所述的玻璃成形设备,其中,热控制系统包括热交换器。

68. 如权利要求65所述的玻璃成形设备,其中,所述控制温度的流体是冷却流体。

69. 如权利要求65所述的玻璃成形设备,其中,所述控制温度的流体是经过预热的气体。

70. 如权利要求65所述的玻璃成形设备,其中,热控制系统包括至少一个电加热元件。

71. 一种玻璃成形设备,包括:

玻璃进料单元,其被构造用于在第一方向上供应玻璃流,其中,当玻璃进料单元供应玻璃时,所述玻璃是熔融的;

设置在玻璃进料单元下方的气体轴承,所述气体轴承被构造成在不接触玻璃流的情况下,将玻璃流重新定向到与第一方向不同的第二方向;

空气台,其被构造用于连续运输及支承玻璃流;以及

多个模块化装置,其由支承结构支承并且被设置在空气台上方;

其中,所述多个模块化装置中的至少一个模块化装置是模块化热管理装置。

72. 如权利要求71所述的设备,其中:

所述多个模块化装置能够移动地附接于支承结构,并且

每个模块化装置能够独立移动。

73. 如权利要求71所述的设备,其中,所述支承结构包括:

能够移动地附接于支承结构的臂构件,

其中,所述多个模块化装置附接于臂构件。

74. 如权利要求71、72或73所述的设备,其中,所述至少一个模块化热管理装置可拆卸地附接于支承结构。

75. 如权利要求71、72、73或74所述的设备,其中,所述至少一个模块化热管理装置独立地选自平板加热器、被动反射器板、以及边缘加热器、空气刀组件、辊及其任意组合。

76. 如权利要求71所述的设备,其中,所述多个模块化装置包括辊定位组件、平坦化辊组件和驱动辊中的至少一种。

77. 如权利要求71所述的设备,其中,所述臂能够在垂直方向上移动。

78. 如权利要求73所述的设备,其中,支承结构包括动力升降机,该动力升降机被构造

成使所述臂相对于直立构件在垂直方向上移动。

79. 如权利要求78所述的设备,其中,所述臂能够在下部位置与上部位置之间移动。

80. 如权利要求72所述的设备,其中,所述多个模块化装置能够沿着水平轴移动。

81. 如权利要求72所述的设备,其中,所述多个模块化装置能够沿着垂直轴移动。

82. 如权利要求71所述的设备,其中,空气台被构造成在与水平相差5度以内的平面中支承玻璃流。

83. 如权利要求71所述的设备,其中,所述空气台包括气体轴承模具。

84. 如权利要求83所述的设备,其中,所述气体轴承模具是塌落模具。

85. 如权利要求71所述的设备,其中,空气台还包括第一部分,该第一部分被构造成在不接触玻璃流的情况下,连续运输并支承玻璃流。

86. 如权利要求85所述的设备,其中,空气台还包括第二部分,该第二部分包括辊,所述辊被构造成通过接触玻璃流来支承玻璃流。

87. 如权利要求86所述的设备,其中,在玻璃流行进的方向上,在空气台辊的第一部分之后设置空气台的第二部分。

88. 如权利要求71、72或73所述的设备,其中,所述空气台包括多个台模块。

89. 一种连续玻璃成形方法,所述方法包括:

在第一方向上从玻璃进料单元供应玻璃流,其中,当玻璃进料单元供应玻璃时,所述玻璃是熔融的;

使玻璃流通过气体轴承,以在不接触玻璃流的情况下,将玻璃流从第一方向重新定向到第二方向;

在玻璃流在气体轴承周围通过后,在不接触玻璃的情况下,在空气台的第一部分上运输玻璃流;以及

在运输玻璃流的同时,利用至少一个模块化热管理装置来控制玻璃流的热分布,所述模块化热管理装置由支承结构支承,使得模块化热管理装置被设置在玻璃流的上方。

90. 一种玻璃处理设备,其包括:

具有第一主表面的第一气体轴承组件,

具有第二主表面的第二气体轴承组件,其中,第一主表面与第二主表面通过间隙分开;

第一多个出口端口、孔或其组合,它们设置在第一主表面中并与第一气体源流体连通;

第二多个出口端口、孔或其组合,它们设置在第二主表面中并与第二气体源流体连通;

粘性玻璃源,对其进行定位以将连续的粘性玻璃流进料到间隙中。

91. 如权利要求90所述的设备,其中,粘性玻璃源被构造成,当玻璃进入第一气体轴承组件与第二气体轴承组件之间的间隙时,其提供粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{10}$ 泊范围内的玻璃流。

92. 如权利要求90所述的设备,其中:

第一气体轴承组件还包括多个第一气体轴承,每个第一气体轴承具有第一轴承支承表面,使得所述多个第一气体轴承的第一轴承支承表面一起形成第一主表面;

第二气体轴承组件还包括多个第二气体轴承,每个第二气体轴承具有第二轴承支承表面,使得所述多个第二气体轴承的第二轴承支承表面一起形成第二主表面。

93. 如权利要求92所述的玻璃成形设备,其还包括第一多个通气通道,其使所述多个第一气体轴承彼此分离,以及包括第二多个通气通道,其使所述多个第二气体轴承彼此分离。

94. 如权利要求92所述的玻璃处理设备,其中,每个第一轴承支承表面包含第一多孔材料,并且每个第二轴承支承表面包含第二多孔材料。

95. 如权利要求94所述的玻璃处理设备,其中,第一多孔材料和第二多孔材料均包含石墨。

96. 如权利要求92所述的玻璃处理设备,其中,第二气体轴承组件设置在第一气体轴承组件的上方,并且所述多个第二气体轴承中的每个第二气体轴承由第一气体轴承与第二气体轴承之间的一个或多个气体膜支承。

97. 如权利要求92所述的玻璃处理设备,其还包括与所述多个第一气体轴承中的每个第一气体轴承连接的第一支承框架,其中,第一支承框架包含与冷却流体源流体连通的冷却通道。

98. 如权利要求90所述的玻璃处理设备,其中,第一气体轴承和第二气体轴承被构造用于向粘性玻璃流施加150Pa至1000Pa的压力。

99. 如权利要求90所述的玻璃处理设备,其中,第二气体轴承能够相对于下气体轴承移动。

100. 如权利要求90所述的玻璃处理设备,其中,所述设备被构造用于使连续的粘性玻璃流平坦化。

101. 如权利要求90所述的玻璃处理设备,其还包括设置在所述多个第一气体轴承中的每个第一气体轴承中的气体通道。

102. 一种对粘性玻璃进行平坦化的方法,所述方法包括:

将粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{10}$ 泊范围内的连续玻璃流进料到气体轴承装置,所述气体轴承装置包括:

具有第一主表面的第一气体轴承组件;

具有第二主表面的第二气体轴承组件,其中,第一主表面与第二组件表面通过间隙分开;

第一多个出口端口、孔或其组合,它们设置在第一主表面中并与第一气体源流体连通;

第二多个出口端口、孔或其组合,它们设置在第二主表面中并与第二气体源流体连通;

通过经由第一主表面的出口端口或孔喷射出气体以建立第一气体膜,向玻璃的第一侧施加压力;

通过经由第二主表面的出口端口或孔喷射出气体以建立第二气体膜,向与玻璃的第一侧相反的第二侧施加压力;以及

在不接触玻璃的情况下,通过在施加于玻璃的第一侧和玻璃的第二侧的压力之间建立压力平衡,使玻璃平坦化。

103. 如权利要求102所述的方法,其中:

第一气体轴承组件还包括多个第一气体轴承,每个第一气体轴承具有第一轴承支承表面,使得所述多个第一气体轴承的第一轴承支承表面一起形成第一主表面;

第二气体轴承组件还包括多个第二气体轴承,每个第二气体轴承具有第二轴承支承表面,使得所述多个第二气体轴承的第二轴承支承表面一起形成第二主表面。

104. 如权利要求103所述的方法,其中,第一气体轴承组件还包括第一多个通气通道,其使所述多个第一气体轴承彼此分离,并且第二气体轴承组件还包括第二多个通气通道,

其使所述多个第二气体轴承彼此分离。

105. 如权利要求102所述的方法,其还包括:将第一气体膜的厚度保持在 $50\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ ,以及将第二气体膜的厚度保持在 $50\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 。

106. 如权利要求102所述的方法,其还包括施加等于玻璃重量的5至50倍的压力。

107. 如权利要求102所述的方法,其还包括:通过调整第二气体轴承组件相对于第一气体轴承组件的位置,调整第一气体膜的厚度和第二玻璃膜的厚度。

108. 如权利要求102所述的方法,其中,第二气体轴承组件由第二气体膜支承。

109. 如权利要求102所述的方法,其还包括:通过垂直于玻璃流动方向的孔来馈送气体。

110. 如权利要求102所述的方法,其还包括:通过使冷却流体流动通过冷却通道来冷却气体轴承组件。

111. 如权利要求102所述的方法,其还包括:将玻璃保持在第一气体轴承组件和第二气体轴承组件附近一段时间,同时保持玻璃的粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{13}$ 泊的范围内。

112. 一种玻璃处理设备,其包括:

具有主表面的气体轴承组件;

设置在所述主表面中的多个出口端口、孔或其组合;和

设置在所述主表面中的多个通气口;和

粘性玻璃源,对其进行定位以将连续的粘性玻璃流进料到气体轴承装置;

其中,所述气体轴承组件被构造用于通过出口端口或孔向玻璃片施加正压;

其中,所述气体轴承组件被构造用于通过通气口向玻璃片施加负压,

其中,所述出口端口或孔与气体源流体连通,并且

其中,当向气体轴承装置进料玻璃时,玻璃的粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{13}$ 泊的范围内。

113. 如权利要求112所述的设备,其中,所述气体轴承组件还包括多个气体轴承,每个气体轴承具有轴承支承表面,使得第一气体轴承的轴承支承表面一起形成主表面。

114. 如权利要求112所述的设备,其中,气体轴承组件还包括多个通气通道,其使多个气体轴承彼此分离。

115. 如权利要求112所述的玻璃处理设备,其中,所述主表面包含位于其中的多个出口端口,其中,出口端口的密度为至少 $8,000$ 个出口端口/ $\text{m}^2$ 。

116. 如权利要求115所述的玻璃成形设备,还包括设置在主表面上的多个通气端口,其中,所述通气端口的密度小于出口端口的密度。

117. 如权利要求113所述的玻璃处理设备,其中,轴承支承表面包含多孔材料。

118. 如权利要求117所述的玻璃处理设备,其中,所述多孔材料包含石墨。

119. 如权利要求112所述的玻璃处理设备,其还包括与所述多个气体轴承中的每个气体轴承连接的支承框架,其中,支承框架包含与冷却流体源流体连通的冷却通道。

120. 如权利要求112所述的玻璃处理设备,其还包括设置在玻璃上方的热管理装置。

121. 如权利要求112所述的玻璃处理设备,其中,所述气体轴承被构造用于施加等于玻璃重量的2至25倍的正压。

122. 如权利要求112所述的玻璃处理设备,其中,所述气体轴承被构造用于施加等于玻璃重量的2至25倍的负压,其中,所述负压小于所述正压。

123. 如权利要求112所述的玻璃处理设备,其中,所述设备被构造用于使连续的粘性玻璃流平坦化。

124. 如权利要求112所述的玻璃处理设备,其还包括设置在所述多个气体轴承中的每个气体轴承中的气体通道。

125. 一种对粘性玻璃进行平坦化的方法,所述方法包括:

从来源进料连续的玻璃流,当从来源进料玻璃时,玻璃的粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{13}$ 泊的范围内,

将玻璃放置在气体轴承组件附近,所述气体轴承组件包括:

主表面;

设置在所述主表面中的多个出口端口、孔或其组合;

设置在所述主表面中的多个通气口;以及

通过经由出口端口或孔喷射出气体而向玻璃施加正压;

通过通气口抽真空而向玻璃施加负压;以及

在不接触玻璃的情况下,通过建立压力平衡而使玻璃平坦化。

126. 如权利要求125所述的方法,其中,所述气体轴承组件还包括多个气体轴承,每个气体轴承具有轴承支承表面,使得气体轴承的轴承支承表面一起形成主表面。

127. 如权利要求125所述的方法,其还包括:将第一气体膜的厚度保持在 $50\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ ,以及将第二气体膜的厚度保持在 $50\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 。

128. 如权利要求125所述的方法,其还包括施加等于玻璃重量的2至25倍的正压。

129. 如权利要求125所述的方法,其还包括施加等于玻璃重量的2至25倍的负压。

130. 如权利要求125所述的方法,其还包括:通过垂直于玻璃流动方向的孔来馈送气体。

131. 如权利要求125所述的方法,其还包括:通过使冷却流体流动通过冷却通道来冷却气体轴承装置,所述冷却通道与冷却流体源流体连通。

132. 如权利要求125所述的方法,其还包括:将玻璃保持在气体轴承组件附近一段时间,同时保持玻璃的粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{13}$ 泊的范围内。

133. 如权利要求125所述的方法,其中,气体轴承装置还包括热管理装置,其设置在玻璃的上方并与支承表面相对。

134. 一种玻璃成形设备,包括:

玻璃进料单元,其被构造成在第一方向上供应熔融玻璃流;

定位在玻璃进料单元下方的气体轴承,所述气体轴承被构造成在不接触熔融玻璃流的情况下,将熔融玻璃流重新定向到与第一方向不同的第二方向;以及

至少一种热管理装置,其选自下组:

在气体轴承中的流体冷却剂通道,

对流冷却系统,其包含喷嘴,所述喷嘴被构造成喷射气体,该气体将熔融玻璃流推向气体轴承,和

定位在玻璃进料单元与气体轴承之间的隔热件。

135. 如权利要求134所述的设备,其中,玻璃成形设备包括流体冷却剂通道、对流冷却系统和隔热件。

136. 如权利要求134所述的设备,其中,所述玻璃成形设备包括隔热件。

137. 如权利要求134所述的设备,其中,所述玻璃成形设备包括流体冷却剂通道和对流冷却系统。

138. 如权利要求134所述的设备,其中,所述对流冷却系统包括:

气体腔室;和

与所述气体腔室流体连通的多个喷嘴,所述多个喷嘴中的每个喷嘴被构造用于喷射来自气体腔室的气体。

139. 如权利要求138所述的设备,其中,所述多个喷嘴中的每个喷嘴包括:

尖端;和

调节器,其被构造用于控制离开尖端的气体的流动速率。

140. 如权利要求138所述的设备,其中,所述多个喷嘴中的每个喷嘴以连续的方式供应气体。

141. 如权利要求134所述的设备,其中,所述第一方向是垂直方向,并且所述第二方向是水平方向。

142. 如权利要求134所述的设备,其中,所述气体轴承的半径不大于8cm。

143. 如权利要求134所述的设备,其中

所述玻璃进料单元还包括加热器;并且

玻璃进料单元是成形容容器。

144. 如权利要求134所述的设备,其还包括:

支承单元,其被构造成在不接触熔融玻璃流的情况下,支承在第二方向上移动的熔融玻璃流;以及

连接到支承单元的玻璃带控制单元,其被构造用于在第二方向上从熔融玻璃流拉制出玻璃带。

145. 一种玻璃成形设备,包括:

玻璃进料单元,其包括输出路径;

定位在输出路径附近、在玻璃进料单元下方的气体轴承,所述气体轴承还包括流体冷却剂通道;

对流冷却系统,其包含喷嘴,所述喷嘴朝向气体轴承,和

定位在玻璃进料单元与气体轴承之间的隔热件。

146. 一种玻璃成形方法,包括:

在第一方向上供应熔融玻璃流;

在不接触熔融玻璃流的情况下,将熔融玻璃流重新定向到与第一方向不同的第二方向;以及

在对熔融玻璃流进行重新定向的同时,在熔融玻璃流的至少一侧上利用冷却设备冷却玻璃,所述冷却设备在至少50mm的距离内的传热系数是至少 $150\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 。

147. 如权利要求146所述的方法,其中,至少一部分熔融玻璃流的粘度小于25,000泊。

148. 如权利要求147所述的方法,其中,所述至少一部分的粘度小于10,000泊。

149. 如权利要求147所述的方法,其中,在熔融玻璃流的输送点与离熔融玻璃流输送点10cm的距离之间,至少一部分的粘度增加至少50倍。

150. 如权利要求146所述的方法,其中,降低熔融玻璃流的温度包括:  
在熔融玻璃流的第一主表面上形成气体膜;以及  
向与第一主表面相对的熔融玻璃流的第二主表面施加强制对流。

151. 如权利要求146所述的方法,所述方法还包括:  
利用隔热件来降低熔融玻璃流的温度。

152. 如权利要求146所述的方法,所述方法还包括:  
在不接触熔融玻璃流的情况下,支承在第二方向上移动的熔融玻璃流;以及  
在第二方向上从熔融玻璃流拉制出玻璃带。

153. 如权利要求152所述的方法,其中,玻璃带的厚度是至少0.1mm。

## 用于处理玻璃基材的设备和方法

[0001] 本申请依据35U.S.C.§119要求2016年9月13日提交的系列号为62/393,918的美国临时申请;2016年11月22日提交的系列号为62/425,308的美国临时申请和2017年6月23日提交的系列号为62/524,191的美国临时申请的优先权权益,它们各自的内容作为本文的基础,并通过引用全文纳入本文。

### 技术领域

[0002] 本公开一般涉及用于处理基材的设备和方法,特别是涉及用于非接触式处理玻璃基材的设备和方法。

### 背景技术

[0003] 平板玻璃由玻璃带形成,并且被迫用于用户界面、控制器、显示器、建筑装置、电器和电子装置。在许多应用中,能够以软化状态处理和形成玻璃是兴趣所在。

### 发明内容

[0004] 本文描述了一种设备,所述设备包括非接触式支承设备,当玻璃基材在该支承设备上传送时,其适于支承玻璃基材。非接触式支承设备特别适于支承充分软化的玻璃基材,所述软化例如通过在初始成形期间或者在初始成形后加热来进行——导致玻璃基材的表面可能易被常规非接触式支承设备损毁、变形或以其他方式损坏。例如,常规支承设备可以利用离散的端口(例如点源)排出支承设备与玻璃基材之间的气体。这些离散的气体排出端口通常对直接邻近排出端口的软化玻璃基材产生强大压力,但在离散的排出端口周围具有较小的压力。这可导致在玻璃基材的表面上形成人为物(例如凹陷)而可能被视为光学畸变。

[0005] 根据本文所述的非接触式支承设备,各个气体轴承连接到共同的压力箱,所述压力箱向每个气体轴承提供一定量的加压气体。所述气体轴承在压力箱上布置成多排。气体轴承包括多个狭缝,所述狭缝从气体轴承表面开口并且垂直于玻璃基材的传送方向布置。狭缝通过一个或多个计量(阻抗)孔与气体轴承中的充气室流体连通,所述计量(阻抗)孔位于充气室与狭缝之间,并且相对于气体轴承表面上的每个狭缝的开口定位,使得气压沿着狭缝长度基本上是均匀的。例如,阻抗孔的出口孔隙和与阻抗孔流体连通的狭缝开口(在气体轴承的表面处)之间的气体最短路径长度是至少约5毫米,在一些实施方式中,最短路径长度可以等于或大于10毫米。该距离确保了当气体到达狭缝的出口时,由于阻抗孔的离散分布而导致的沿着狭缝的压力变化得以消除。

[0006] 在一些实施方式中,气体轴承可以包含大于1的长宽纵横比,以使气体轴承的长度大于气体轴承的宽度,气体轴承被布置成使长度方向正交于传送方向。因此,给定的气体轴承排中的各气体轴承是端部对端部布置的。另外,气体轴承的端部可以相对于传送方向成非正交角的角度,使得当传送玻璃基材时,可以从各气体轴承端部之间的间隙逸出的气体不平行于传送方向排成行,而是遍布在玻璃基材的表面区域上,这由相邻端部的角(例如它

们之间的间隙)决定。

[0007] 因此,公开了用于支承在传送方向上移动的基材的设备,所述设备包括压力箱以及定位在压力箱上的气体轴承,所述压力箱包封有与加压气体源流体连通的腔室,所述气体轴承包括:充气室,其与所述腔室流体连通并且在气体轴承的长度方向上延伸;中间通道,其通过阻抗孔与充气室流体连通,所述阻抗孔的尺寸被调整成限制充气室与中间通道之间的气体流动;以及狭缝,其与中间通道流体连通并且沿着气体轴承的长度方向延伸,狭缝开口位于气体轴承的主表面处并被构造用于沿着狭缝的长度排出气体。狭缝的宽度沿着狭缝长度可以是均匀的。气体轴承还包括限定气体轴承主表面的多个边缘,所述多个边缘包括第一对相对的平行边缘,它们相对于传送方向成角 $\alpha$ 布置,其中, $\alpha$ 在约20度至约60度的范围内。在一些实施方式中,所述设备包括定位在压力箱上的多个气体轴承,所述多个气体轴承被布置成正交于传送方向延伸的多个排。

[0008] 在一些实施方式中,阻抗孔的出口孔隙与狭缝开口之间的距离等于或大于约5毫米,例如在约5毫米至约10毫米的范围内,或者在约10毫米至约20毫米的范围内。

[0009] 在一些实施方式中,阻抗孔的中心纵轴正交于主表面。

[0010] 在一些实施方式中,阻抗孔的中心纵轴平行于主表面。

[0011] 压力箱可以包括与冷却流体源流体连通的冷却通道。

[0012] 在另一个实施方式中,描述了一种用于支承玻璃基材的设备,所述设备包括压力箱以及定位在压力箱表面上的多个气体轴承,所述压力箱包封有与加压气体源流体连通的腔室,所述多个气体轴承被布置成正交于玻璃基材的传送方向延伸的多个排。所述多个气体轴承中的每个气体轴承可包括:充气室,其与所述腔室流体连通并且在气体轴承的长度方向上延伸;中间通道,其通过阻抗孔与充气室流体连通,所述阻抗孔的尺寸调整为限制内部充气室与中间通道之间的气体流动;以及狭缝,其与中间通道流体连通并且沿着气体轴承的长度延伸,狭缝开口位于气体轴承的主表面处,使得可沿着狭缝的长度从狭缝开口排出气体。狭缝的宽度沿着狭缝长度可以是均匀的。

[0013] 气体轴承的主表面由多个边缘限定,所述多个边缘至少包括第一对平行边缘,它们相对于传送方向成角 $\alpha$ 布置,其中, $\alpha$ 在等于或大于20度至等于或小于60度的范围内。

[0014] 在一些实施方式中,阻抗孔的出口孔隙与主表面处的狭缝开口之间的距离等于或大于约5毫米,例如在约5毫米至约10毫米的范围内,例如在约120毫米至约20毫米的范围内。

[0015] 在一些实施方式中,阻抗孔的纵轴正交于主表面。

[0016] 在一些实施方式中,阻抗孔的纵轴平行于主表面。

[0017] 在另一个实施方式中,公开了一种用于支承玻璃基材的方法,所述方法包括在传送方向上,在支承设备上方传送玻璃基材,非接触式支承设备包括压力箱,所述压力箱包封有与加压气体源流体连通的腔室,所述压力箱还包括定位在压力箱上的多个气体轴承,所述多个气体轴承被布置成正交于传送方向延伸的多个排,所述多个气体轴承中的每个气体轴承包括:在气体轴承的长度方向上延伸的流体连通的充气室;中间通道,其通过阻抗孔与充气室流体连通,所述阻抗孔的尺寸被调整成限制充气室与中间通道之间的气体流动;以及狭缝,其与中间通道流体连通并且沿着气体轴承的长度延伸,狭缝开口位于气体轴承的主表面处。狭缝的宽度沿着狭缝长度可以是均匀的。

[0018] 所述方法还包括:沿着狭缝长度从狭缝排出气体,由此在与气体轴承的主表面间隔开的位置中支承玻璃基材,并且其中,气体轴承的主表面由多个边缘限定,所述多个边缘至少包括第一对平行边缘,它们相对于传送方向成角 $\alpha$ 布置,其中, $\alpha$ 在等于或大于20度至等于或小于60度的范围内。

[0019] 在一些实施方式中,通过阻抗孔的压降等于或大于气体轴承与玻璃基材之间的气体压力的50倍,例如,是气体轴承与玻璃基材之间的气体压力的约50倍至约100倍。

[0020] 所述方法还可以包括:当在支承设备上方传送玻璃基材时,将玻璃基材加热到高于玻璃基材的退火温度的温度。玻璃基材的宽度可以是至少1米,在支承设备上方传送玻璃基材后,玻璃基材的主表面相对于参比平面的最大变化不超过100微米。参比平面例如可以是玻璃基材的平面。

[0021] 在一些实施方式中,玻璃基材是玻璃带,所述方法还包括:在用支承设备支承玻璃带之前,先从成形主体拉制出玻璃带。在一些实施方式中,所述方法还可以包括:在用支承设备支承玻璃基材之前,先将玻璃带从第一方向重新定向到与第一方向不同的第二方向。

[0022] 在一些实施方式中,从邻近于玻璃基材边缘部分定位的气体轴承排出的气体压力可以大于从定位在玻璃基材中心部分下方的气体轴承排出的气体压力。

[0023] 一些实施方式涉及一种支承软化玻璃的方法。所述方法包括将玻璃放置在气体轴承装置附近。气体轴承装置具有支承表面,在该支承表面中设置有多个出口端口。出口端口的密度为至少8,000个出口/ $\text{m}^2$ 。所述方法还包括通过出口端口喷射出气流,以使玻璃不接触支承表面。

[0024] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:放置玻璃的步骤还包括:从玻璃进料单元提供连续的玻璃流,以及将玻璃放置在气体轴承装置附近。

[0025] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:放置玻璃的步骤包括:提供玻璃片并将玻璃片保持在气体轴承装置附近一段时间,同时保持玻璃的粘度在约500泊至约 $10^{13}$ 泊的范围内。

[0026] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:通过设置在支承表面中的多个通气端口,释放支承玻璃的一部分气体。

[0027] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:使通气端口形成阵列,所述阵列的密度小于出口端口的密度。

[0028] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承装置是空气转向轴承,并且所述方法还包括:在将玻璃进料到空气转向轴承附近之后,在空气转向轴承不接触玻璃的情况下,将玻璃流从第一方向重新定向到第二方向。

[0029] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承是空气台,并且所述方法包括:将连续的玻璃流进料到空气台附近,并且当连续的玻璃流以水平面行进时,支承连续的玻璃流而空气台不接触玻璃。

[0030] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述方法包括当连续的玻璃流行进过水平面时,保持整个玻璃流上的张力。

[0031] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述气体轴承装置是蓄积器,并且所述方法包括:当将连续的玻璃流进料到蓄积器附近时,蓄积所需体积的玻璃,并且利用蓄积器对所述体积的玻璃的表面成形而不接触成形的玻璃表面的至少一部

分。

[0032] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述方法包括用蓄积器对所述体积的玻璃的表面进行成形而不使蓄积器与成形的玻璃表面之间接触。

[0033] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承装置是空气模具,并且玻璃包含玻璃片,所述方法包括将玻璃放置在气体轴承装置附近,这包括将玻璃片放置在空气模具上。在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述方法还包括使玻璃下垂以将玻璃的表面成形为空气模具的形状而空气模具与成形的玻璃表面的至少一部分之间没有接触。

[0034] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述方法包括使玻璃下垂以将玻璃的表面成形为空气模具的形状而不使空气模具与成形的玻璃表面之间接触。

[0035] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承的最小面积是 $1\text{cm}^2$ 。

[0036] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:出口端口具有均匀的尺寸和间距。

[0037] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:出口端口的密度为至少 $10,000$ 个出口端口/ $\text{m}^2$ 。

[0038] 在一些实施方式中,出口端口形成节距为最多 $3$ 毫米的阵列。

[0039] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承装置包含多个计量管,每个计量管向至少两个出口端口提供气体。

[0040] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述方法包括当玻璃在气体轴承装置附近时,对玻璃进行热成形。

[0041] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:通过使控制温度的热流体循环通过气体轴承中的温度控制通道,来控制气体轴承装置的温度。

[0042] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:通过冷却回路来控制热流体,所述冷却回路被构造用于冷却控制温度的流体。

[0043] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:加热回路被构造用于加热控制温度的流体。

[0044] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述方法包括在通过出口端口喷射出气体之前,先将气体从气体源输送到气体轴承装置,以及在气体到达气体轴承装置之前,先预热气体。

[0045] 一些实施方式涉及一种玻璃处理设备,其包括具有支承表面的气体轴承装置,在所述支承表面中设置有多个出口端口。出口端口的密度为至少 $8,000$ 个出口端口/ $\text{m}^2$ 。气体轴承装置被构造用于支承粘性玻璃。

[0046] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述设备包括玻璃进料单元,其被构造用于向气体轴承装置提供连续的玻璃流,其中当玻璃进料单元提供玻璃时,该玻璃是熔融玻璃。

[0047] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述设备包括驱动传送器,其被构造用于接收来自气体轴承装置的连续的玻璃流,并且所述驱动传送器被构造用于将张力施加于由气体轴承装置支承的玻璃流。

[0048] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承装置是空气转向轴承,该空气转向轴承被构造成在不接触玻璃的情况下,将玻璃流从第一方向转向到与第一方向不同的第二方向。

[0049] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承装置是空气台,该空气台被构造成在不接触玻璃的情况下支承玻璃流。

[0050] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承装置是蓄积器,所述蓄积器被构造用于接收和蓄积一定体积的玻璃,并且对该体积的玻璃的表面进行成形而不使蓄积器与成形的玻璃表面的至少一部分之间接触。

[0051] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述蓄积器被构造用于接收和蓄积一定体积的玻璃,并且对该体积的玻璃的表面进行成形而不使蓄积器与成形的玻璃表面之间接触。

[0052] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承装置是空气模具,该空气模具被构造成在不接触至少一部分玻璃的情况下使玻璃片塌落 (slump)。

[0053] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承装置是空气模具,该空气模具被构造成在不接触玻璃的情况下使玻璃片塌落。

[0054] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:出口端口的密度为至少10,000个出口端口/ $\text{m}^2$ 。

[0055] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承装置包含与多个出口端口流体连通的气体歧管。

[0056] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述设备包括多个计量管,每个计量管与歧管和至少四个出口端口流体连通。

[0057] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:出口端口形成节距为最多3毫米的阵列。

[0058] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:气体轴承的最小面积是 $1\text{cm}^2$ 。

[0059] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:出口端口具有均匀的尺寸和间距。

[0060] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述设备包括与气体轴承装置连接的热控制系统,所述热控制系统被构造成通过使控制温度的流体循环通过气体轴承中的温度控制通道,来控制气体轴承的温度。

[0061] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:热控制系统被构造成将玻璃的粘度保持在约500泊至约 $10^{13}$ 泊的范围内。

[0062] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:热控制系统包括热交换器。

[0063] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:控制温度的流体是冷却流体。

[0064] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:控制温度的流体是经过预热的气体。

[0065] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:热控制系统包括至少

一个电加热元件。

[0066] 一些实施方式涉及玻璃处理设备,其包括被构造用于连续运输并支承玻璃流的空气台以及受支承结构支承的多个模块化装置。多个模块化装置被设置在空气台上方。至少一个模块化装置是模块化热管理装置。

[0067] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述多个模块化装置可移动地附接于支承结构,并且每个模块化装置可独立移动。

[0068] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:支承结构包括臂构件,其可移动地附接于支承结构,并且所述多个模块化装置附接于臂构件。

[0069] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述至少一个模块化热管理装置可拆卸地附接于支承结构。

[0070] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述至少一个模块化热管理装置独立地选自平板加热器、被动反射器板、以及边缘加热器、空气刀组件、辊及其任意组合。

[0071] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述多个模块化装置包括辊定位组件、平坦化辊组件和驱动辊中的至少一种。

[0072] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述臂可在垂直方向上移动。

[0073] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:支承结构包括动力升降机,该动力升降机被构造成使所述臂相对于直立构件在垂直方向上移动。

[0074] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述臂可在下部位置与上部位置之间移动。

[0075] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述多个模块化装置可沿着水平轴移动。

[0076] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:所述多个模块化装置可沿着垂直轴移动。

[0077] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:空气台被构造成在与水平面相差5度以内的平面中支承玻璃流。

[0078] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:空气台包含气体轴承模具。

[0079] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:空气轴承模具是塌落模具。

[0080] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:空气台还包括第一部分,该第一部分被构造成在不接触玻璃流的情况下,连续运输并支承玻璃流。

[0081] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:空气台还包括第二部分,该第二部分包括辊,所述辊被构造成通过接触玻璃流来支承玻璃流。

[0082] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:在玻璃流行进的方向上,在空气台辊的第一部分之后设置空气台的第二部分。

[0083] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:空气台包含多个台模块。

[0084] 一些实施方式涉及一种用于连续玻璃成形工艺的方法,所述方法控制玻璃流的热分布。所述方法包括:在第一方向上,从玻璃进料单元提供熔融玻璃流。所述方法包括:使玻璃流通过气体轴承,以在不接触玻璃流的情况下,将玻璃流从第一方向重新定向到第二方向。所述方法包括:在不接触玻璃的情况下,在空气台的第一部分上运输玻璃流。所述方法还包括:在运输玻璃的同时,利用至少一种热管理装置来控制玻璃流的热分布,所述热管理装置受支承结构支承,使得模块化热管理装置被设置在玻璃流上方。

[0085] 一些实施方式涉及一种玻璃处理设备,其包括具有第一主表面的第一气体轴承组件,具有第二主表面的第二气体轴承组件,其中第一主表面与第二主表面通过间隙分开。所述玻璃处理设备具有第一多个出口端口、孔或其组合,它们设置在第一主表面中并与第一气体源流体连通。所述玻璃处理设备还具有第二多个出口端口、孔或其组合,它们设置在第二组件支承表面中并与第二气体源流体连通。气体处理设备还具有粘性玻璃源,对其进行定位以将连续的粘性玻璃流进料到间隙中。

[0086] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,粘性玻璃源被构造造成,当玻璃进入第一气体轴承组件与第二气体轴承组件之间的间隙时,其提供粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{10}$ 泊范围内的玻璃流。

[0087] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,第一气体轴承组件还包括多个第一气体轴承,每个第一气体轴承具有第一轴承支承表面,使得多个第一气体轴承的第一轴承支承表面一起形成第一主表面;并且第二气体轴承组件还包括多个第二气体轴承,每个第二气体轴承具有第二轴承支承表面,使得多个第二气体轴承的第二轴承支承表面一起形成第二主表面。

[0088] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括第一多个通气通道,其使所述多个第一气体轴承彼此分离,以及包括第二多个通气通道,其使所述多个第二气体轴承彼此分离。

[0089] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,每个第一轴承支承表面包含第一多孔材料,并且每个第二轴承支承表面包含第二多孔材料。

[0090] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,第一多孔材料和第二多孔材料均是石墨。

[0091] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,第二气体轴承组件设置在第一气体轴承组件的上方,并且所述多个第二气体轴承中的每一个由第一与第二气体轴承之间的一个或多个气体膜支承。

[0092] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括与所述多个第一气体轴承中的每个气体轴承连接的第一支承框架,其中,第一支承框架包含与冷却流体源流体连通的冷却通道。

[0093] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,第一气体轴承和第二气体轴承被构造用于向粘性玻璃流施加150Pa至1000Pa的压力。

[0094] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,第二气体轴承可相对于下部的气体轴承移动。

[0095] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述设备被构造用于使连续的粘性玻璃流平坦化。

[0096] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括设置在所述多个第一气体轴承的每一个中的气体通道。

[0097] 一些实施方式涉及一种使粘性玻璃平坦化的方法,所述方法包括向气体轴承装置进料粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{10}$ 泊范围内的连续的玻璃流。气体轴承装置包括具有第一主表面的第一气体轴承组件;具有第二主表面的第二气体轴承组件。第一主表面与第二组件表面通过间隙分离。气体轴承装置还包括第一多个出口端口、孔或其组合,它们设置在第一主表面中并与第一气体源流体连通;以及第二多个出口端口、孔或其组合,它们设置在第二主表面中并与第二气体源流体连通。所述方法还包括:通过使气体经由第一主表面的出口端口或孔喷射形成第一气体膜而向玻璃的第一侧部施加压力;通过使气体经由第二主表面的出口端口或孔喷射形成第二气体膜而向玻璃的第二侧部施加压力,所述第二侧部与所述第一侧部相对;以及在不接触玻璃的情况下,通过在施加于玻璃的第一侧部的压力与第二侧部的压力之间建立压力平衡而使玻璃平坦化。

[0098] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,第一气体轴承组件还包括多个第一气体轴承,每个第一气体轴承具有第一轴承支承表面,使得多个第一气体轴承的第一轴承支承表面一起形成第一主表面;并且第二气体轴承组件还包括多个第二气体轴承,每个第二气体轴承具有第二轴承支承表面,使得多个第二气体轴承的第二轴承支承表面一起形成第二主表面。

[0099] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,第一气体轴承组件还包括第一多个通气通道,其使所述多个第一气体轴承彼此分离,并且第二气体轴承组件还包括第二多个通气通道,其使所述多个第二气体轴承彼此分离。

[0100] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:将第一气体膜的厚度保持在50至500 $\mu\text{m}$ ,以及将第二气体膜的厚度保持在50至500 $\mu\text{m}$ 。

[0101] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:施加等于玻璃重量的5至50倍的压力。

[0102] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:通过调整第二气体轴承组件相对于第一气体轴承组件的位置,调整第一气体膜的厚度和第二玻璃膜的厚度。

[0103] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,第二气体轴承组件由第二气体膜支承。

[0104] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:通过垂直于玻璃流动方向的孔来馈送气体。

[0105] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:通过使冷却流体流动通过冷却通道来冷却气体轴承组件。

[0106] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:将玻璃保持在第一气体轴承组件和第二气体轴承组件附近一段时间,同时保持玻璃的粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{13}$ 泊的范围内。

[0107] 一些实施方式涉及玻璃处理设备,其包含具有主表面的气体轴承组件;设置在主表面中的多个出口端口、孔或其组合;和设置在主表面中的多个通气口;以及粘性玻璃源,对该粘性玻璃源进行定位以将连续的粘性玻璃流进料到气体轴承装置。气体轴承组件被构造用于通过出口端口或孔向玻璃片施加正压,以及通过通气口向玻璃片施加负压。出口端

口或孔与气体源流体连通,并且当将玻璃进料到气体轴承装置时,玻璃的粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{13}$ 泊的范围内。

[0108] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述气体轴承组件还包括多个气体轴承,每个气体轴承具有轴承支承表面,使得第一气体轴承的轴承支承表面一起形成主表面。

[0109] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,气体轴承组件还包括多个通气通道,其使多个气体轴承彼此分离。

[0110] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,主表面包含位于其中的多个出口端口,其中,出口端口的密度为至少8,000个出口端口/ $m^2$ 。

[0111] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括设置在主表面上的多个通气端口,其中,所述通气端口的密度小于出口端口的密度。

[0112] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,轴承支承表面包含多孔材料。

[0113] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述多孔材料是石墨。

[0114] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括与所述多个气体轴承中的每个气体轴承连接的支承框架,其中,所述支承框架包含与冷却流体源流体连通的冷却通道。

[0115] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括设置在玻璃上方的热管理装置。

[0116] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述气体轴承被构造用于施加等于玻璃重量的2至25倍的正压。

[0117] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述气体轴承被构造用于施加等于玻璃重量的2至25倍的负压,其中,所述负压小于所述正压。

[0118] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述设备被构造用于使连续的粘性玻璃流平坦化。

[0119] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括设置在所述多个气体轴承的每个气体轴承中的气体通道。

[0120] 一些实施方式涉及使粘性玻璃平坦化的方法,所述方法包括:从来源进料连续的玻璃流,当从所述来源进料玻璃时,所述玻璃的粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{13}$ 泊的范围内,将玻璃放置在气体轴承组件附近,通过经由出口端口或孔喷射出气体而向玻璃施加正压;通过经由通气口抽真空而向玻璃施加负压;以及通过建立压力平衡而在不接触玻璃的情况下使玻璃平坦化。在一些实施方式中,气体轴承组件包含主表面;设置在主表面中的多个出口端口、孔或其组合;设置在主表面中的多个通气口;并且

[0121] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述气体轴承组件还包括多个气体轴承,每个气体轴承具有轴承支承表面,使得气体轴承的轴承支承表面一起形成主表面。

[0122] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:将第一气体膜的厚度保持在50至500 $\mu m$ ,以及将第二气体膜的厚度保持在50至500 $\mu m$ 。

[0123] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:施加等于玻璃重量的2至25倍的正压。

[0124] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:施加等于玻璃重量的2至25倍的负压。

[0125] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:通过垂直于玻璃流动方向的孔来馈送气体。

[0126] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:通过使冷却流体流动通过与冷却流体源流体连通的冷却通道来冷却气体轴承装置。

[0127] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:将玻璃保持在气体轴承组件附近一段时间,同时保持玻璃的粘度在 $10^7$ 泊至 $10^{13}$ 泊的范围内。

[0128] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,气体轴承装置还包括热管理装置,其设置在玻璃的上方并与支承表面相对。

[0129] 一些实施方式涉及一种玻璃成形设备,其包括玻璃进料单元,所述玻璃进料单元被构造用于在第一方向上提供熔融玻璃流。在一些实施方式中,在玻璃进料单元下方定位有气体轴承,并且气体轴承被构造成在不接触熔融玻璃流的情况下,将熔融玻璃流重新定向到与第一方向不同的第二方向。在一些实施方式中,所述玻璃成形设备包括至少一种热管理装置。在一些实施方式中,所述热管理装置是以下中的一种:气体轴承中的流体冷却剂通道,对流冷却系统,以及定位在玻璃进料单元与气体轴承之间的隔热件,所述对流冷却系统包括被构造用于喷射气体的喷嘴,其将熔融玻璃流推向气体轴承。

[0130] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,玻璃成形设备包括流体冷却剂通道、对流冷却系统和隔热件。

[0131] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述玻璃成形设备包括隔热件。

[0132] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,玻璃成形设备包括流体冷却剂通道和对流冷却系统。

[0133] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,对流冷却系统包括气体腔室以及与气体腔室流体连通的多个喷嘴,并且所述多个喷嘴中的每个喷嘴被构造成从气体腔室喷射出气体。

[0134] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述多个喷嘴中的每个喷嘴包括尖端和调节器,所述调节器被构造用于控制离开尖端的气体的流动速率。

[0135] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述多个喷嘴中的每个喷嘴以连续的方式提供气体。

[0136] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述第一方向是垂直方向,并且所述第二方向是水平方向。

[0137] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,气体轴承的半径不大于8cm。

[0138] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,玻璃进料单元还包括加热器,并且所述玻璃进料单元是成形容器。

[0139] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括支承单元和玻璃带控制

单元,所述支承单元被构造成在不接触熔融玻璃流的情况下支承在第二方向上移动的熔融玻璃流,所述玻璃带拉制单元连接到支承单元并被构造成在第二方向上从熔融玻璃流拉制出玻璃带。

[0140] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:含有出口路径的玻璃进料单元;在输出路径附近并定位在玻璃进料单元下方的气体轴承,所述气体轴承还包括流体冷却剂通道、对流冷却系统和隔热件,所述对流冷却系统包含向着气体轴承定向的喷嘴,所述隔热件定位在玻璃进料单元与气体轴承之间。

[0141] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:在第一方向上提供熔融玻璃流;在不接触熔融玻璃流的情况下,将熔融玻璃流重新定向到与第一方向不同的第二方向;以及在重新定向熔融玻璃流的同时,在熔融玻璃流的至少一侧上用冷却设备冷却玻璃,所述冷却设备在至少50mm的距离内的传热系数为至少 $150\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 。

[0142] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,至少一部分熔融玻璃流的粘度小于25,000泊。

[0143] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,至少一部分的粘度小于10,000泊。

[0144] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,在熔融玻璃流的输送点与离熔融玻璃流输送点10cm的距离之间,至少一部分的粘度增加至少50倍。

[0145] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:在熔融玻璃流的第一主表面上形成气体膜,以及向与第一主表面相对的熔融玻璃流的第二主表面施加强制对流。

[0146] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:利用隔热件降低熔融玻璃流的温度。

[0147] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:在不接触熔融玻璃流的情况下支承在第二方向上移动的熔融玻璃流,以及在第二方向上从熔融玻璃流拉制出玻璃带。

[0148] 在一些实施方式中,前述任意段落的实施方式还可以包括:其中,所述玻璃带的厚度是至少0.1mm。

[0149] 在以下的详细描述中提出了本文公开的实施方式的其他特征和优点,其中的部分特征和优点对本领域的技术人员而言,根据所作描述就容易看出,或者通过实施包括以下详细描述、权利要求书以及附图在内的本文所述的公开的实施方式而被认识。

[0150] 应理解,前面的一般性描述和以下的详细描述都只是呈现本公开的实施方式,用来提供理解要求保护的实施方式的性质和特性的总体评述或框架。所附附图提供了对本发明的进一步理解,附图被结合在本说明书中并构成说明书的一部分。附图例示了本公开的各个实施方式,并与说明书一起用来解释本公开的原理和操作。

## 附图说明

[0151] 并入本文中的附图构成本说明书的一部分并例示本公开的实施方式。附图与说明书一起还用于解释本公开的实施方式的原理并能够使相关领域的技术人员实施和利用所公开的实施方式。这些附图旨在说明并非限制。虽然在这些实施方式的上下文中一般地描

述了本公开,但应理解,其并非旨在将本公开的范围限制在这些具体的实施方式中。在附图中,相同的附图标记表示相同或功能相似的要素。

[0152] 图1是一种用于制造玻璃带的示例性玻璃制造设备的示意图;

[0153] 图2是用于依据图1的实施方式从熔融玻璃形成玻璃带的成形主体的截面图,其中,玻璃带由本公开的实施方式的非接触式支承设备支承;

[0154] 图3是从玻璃带的第一卷轴解绕出并由本公开的实施方式的非接触式支承设备支承的玻璃带的截面图;

[0155] 图4是本公开的实施方式的一种示例性非接触式支承设备的截面图;

[0156] 图5A是图4的非接触式支承设备的顶视图;

[0157] 图5B是图5A的一部分顶视图的放大图,其例示了包含图5A的非接触式支承设备的气体轴承的端部边缘的角度关系;

[0158] 图6是本公开的气体轴承的一个实施方式的截面透视图;

[0159] 图7是图6所示的气体轴承的一部分的截面图;以及

[0160] 图8是本公开的气体轴承的另一个实施方式的截面图。

[0161] 图9是一种示例性玻璃处理系统的示意图,其包括用于拉制玻璃带的玻璃制造设备。

[0162] 图10是一种示例性玻璃成形设备的示意图。

[0163] 图11是图2的玻璃成形设备的一部分的侧视图。

[0164] 图12是图2的玻璃成形设备的一部分的透视图。

[0165] 图13是另一种示例性玻璃成形设备的示意图。

[0166] 图14仍是另一种示例性玻璃成形设备的示意图。

[0167] 图15例示了预测玻璃带成形的数值模型的图。

[0168] 图16示出了对应于由图10-14的玻璃成形设备所进行的方法的方法流程图。

[0169] 图17是一种示例性气体轴承装置的示意图。

[0170] 图18是一种示例性气体轴承装置的示意图。

[0171] 图19A是一种示例性气体轴承装置的示意图。

[0172] 图19B是图19A所示的气体轴承装置的另一视图。

[0173] 图20A是一种示例性气体轴承装置的示意图。

[0174] 图20B是图20A所示的气体轴承装置的示意图。

[0175] 图21示出了一种示例性气体轴承装置。

[0176] 图22示出了图21所示的气体轴承装置的另一视图。

[0177] 图23示出了图21所示的气体轴承装置的另一视图。

[0178] 图24示出了图21的气体轴承装置,其具有包围气体轴承装置的覆盖物。

[0179] 图25示出了图21所示的气体轴承装置的截面图。

[0180] 图26示出了一种示例性蓄积器式气体轴承装置的四分之一切割物的示意图。

[0181] 图27示出了一种示例性蓄积器式气体轴承装置的一半。

[0182] 图28示出了图27所示的蓄积器式气体轴承装置的另一半。

[0183] 图29示出了图27所示的蓄积器式气体轴承装置的另一视图。

[0184] 图30示出了通过一种示例性气体轴承装置的气流的示意图。

- [0185] 图31示出了包含通气端口的塌落模具的示意图。
- [0186] 图32示出了图31所示的塌落模具的表面的视图。
- [0187] 图33示出了另一种塌落模具的示意图。
- [0188] 图34示出了图33所示的塌落模具的表面的视图。
- [0189] 图35示出了用于支承软化玻璃的方法的方法流程图。
- [0190] 图36示出了处于操作位置的一种示例性支承结构和空气台。
- [0191] 图37示出了处于回缩位置的图36的支承结构和空气台。
- [0192] 图38示出了一种示例性支承结构的示意图。
- [0193] 图39示出了处于操作位置的空气台的示意图。
- [0194] 图40示出了一种示例性空气台模块。
- [0195] 图41示出了一种示例性空气台模块。
- [0196] 图42示出了一种示例性空气台模块。
- [0197] 图43示出了一种示例性空气台模块。
- [0198] 图44示出了一种示例性模块装置。
- [0199] 图45示出了一种示例性模块装置。
- [0200] 图46示出了一种示例性模块装置。
- [0201] 图47示出了一种示例性模块装置。
- [0202] 图48示出了一种示例性模块装置。
- [0203] 图49示出了一种示例性模块装置。
- [0204] 图50示出了一种示例性支承结构和空气台。
- [0205] 图51示出了一种示例性支承结构和空气台。
- [0206] 图52示出了一种示例性气体轴承装置。
- [0207] 图53示出了一种示例性气体轴承装置。
- [0208] 图54A和54B示出了一种示例性气体轴承装置。
- [0209] 图55示出了一种示例性气体轴承装置。
- [0210] 图56示出了膜压力与玻璃重量的比值。

### 具体实施方式

[0211] 下面将详细说明本公开的实施方式,这些实施方式的实例在附图中示出。只要可能,在附图中使用相同的附图标记表示相同或相似的部分。但是,本公开可以以许多不同的形式实施并且不应被解读成限于本文中提出的实施方式。

[0212] 大规模地制造玻璃基材,例如用于显示装置制造的玻璃片,从原料的熔化开始,以产生经过加热的粘性物质(下文中称为“熔融玻璃”或“熔体”),其可在下游成形工艺中形成玻璃制品。在许多应用中,玻璃制品是玻璃带,可从玻璃带切割出单独的玻璃片。通常在待从其中移除玻璃片的玻璃带或至少一部分玻璃带处于弹性状态时,进行从玻璃带切割出玻璃片。因此,切割后的玻璃片尺寸稳定。也就是说,玻璃片的粘度足够地大,而不会在宏观尺度上发生玻璃片的塑性变形。更简单来说,例如,如果玻璃片在力的作用下弯曲,然后从力中解脱,则玻璃片将不再永久地呈现出新的形状。

[0213] 在一些应用中,可能需要在玻璃基材处于粘性或粘弹性状态时处理玻璃基材,例

如在带制造工艺的紧接着的下游——其中玻璃基材仍是带形式,或者在重新加热弹性玻璃带或玻璃片之后以用于随后的重新成形。在一些实施方式中,将玻璃片再加热到高于玻璃片的退火点的温度可能是玻璃片的热回火所必需的。在每种前述示例性情况中,可能需要在基材处于足够粘的状态下处理玻璃带和/或玻璃片,导致该处理可损毁玻璃制品或以其他方式在玻璃制品中形成物理缺陷。

[0214] 为了对大尺寸玻璃基材(例如包含1米或更大的宽度)提供稳定支承,常规气体轴承包含分布式的气体逸出开口。这些开口防止软玻璃形成不稳定的形状,由于气体压力的蓄积,在这种不稳定的形状中,玻璃基材的中心部分可形成大的凸起。这种常规设计倾向于两种主要构造:全宽度设计,其中气体馈送装置在玻璃基材的整个宽度上连续延伸而不中断,并且其中在气体出口端口之间插有气体离开端口,或者;包含离散的气体馈送通道的设计,这些通道将气体直接提供给排气端口。

[0215] 第一种设计类型被构造用于支承大尺寸玻璃基材,其制造复杂,并且当支承高温基材时,往往由于热负荷而变形,这可影响基材平坦度。另外,对齐不同的馈送元件可能是一种挑战。第二种设计类型可包括固定到空气馈送箱的各个气体轴承,其确保了精确定位和对齐。然而,可发生馈送箱的变形,这可导致在玻璃基材传送方向上对齐的玻璃发生光学畸变,并且这可与气体轴承上的空气进口的节距相关,以及还与各气体轴承组件自身的节距相关。

[0216] 因此,期望一种设备和方法,其在不损毁玻璃基材表面或不引起玻璃基材光学畸变的情况下操纵玻璃基材(例如运输玻璃基材)。

[0217] 玻璃制造设备

[0218] 图1所示为一种示例性玻璃制造设备10。在一些实例中,玻璃制造设备10可包括玻璃熔炉12,该玻璃熔炉12可包括熔融容器14。除了熔融容器14外,玻璃熔炉12可任选包含一个或多个其他部件,如加热元件(例如燃烧器和/或电极),其被构造用于加热原料并将原料转化为熔融玻璃。例如,熔炉12可以是电助熔融容器,其中,通过燃烧器及通过直接加热向原料添加能量,其中,使电流通过原料,从而通过对原料进行焦耳加热而增加能量。如本文中所使用的,电助熔融容器是一种熔融容器,其中,在操作期间,通过直接电传导加热(焦耳加热)而赋予原料的能量的量等于或大于约20%。

[0219] 在另外的实例中,玻璃熔炉12可以包含热管理装置(例如绝热部件),其减少了熔融容器的热损失。在另外的实例中,玻璃熔炉12可以包括电子装置和/或机电装置,其有助于将原料熔化成玻璃熔体。更进一步,玻璃熔炉12可以包括支承结构(例如支承底座、支承构件等)或其他部件。

[0220] 玻璃熔融容器14通常由耐火材料形成,例如耐火陶瓷材料,如包含氧化铝或氧化锆的耐火陶瓷材料,但是也可以使用其他耐火材料。在一些实例中,玻璃熔融容器14可用耐火陶瓷砖建造。

[0221] 在一些实例中,熔炉12可以作为玻璃制造设备的部件纳入,所述玻璃制造设备被构造用于制造玻璃制品,例如长度不确定的玻璃带,但是在另外的实施方式中,玻璃制造设备可以被构造用于形成其他玻璃制品而不加以限制,例如玻璃棒、玻璃管、玻璃封套(例如用于照明装置的玻璃封套,如灯泡)和玻璃透镜。在一些实例中,熔炉可以作为玻璃制造设备的部件纳入,该玻璃制造设备包括狭缝拉制设备、浮浴设备、下拉设备(例如熔合下拉设

备)、上拉设备、压制设备、辊设备、拉管设备或者能够得益于本文公开的方面的任何其他玻璃制造设备。举例而言,图1示意性地例示了作为熔合下拉玻璃制造设备10的部件的玻璃熔炉12,该制造设备10用于熔合拉制玻璃带以用于随后将玻璃带加工成单独的玻璃片或将玻璃带卷绕到卷轴上。

[0222] 玻璃制造设备10(例如熔合下拉设备10)可任选地包含上游玻璃制造设备16,该上游玻璃制造设备16位于玻璃熔融容器14的上游。在一些实例中,上游玻璃制造设备16的一部分或整体可以作为玻璃熔炉12的部分纳入。

[0223] 如在所例示的实施方式中所示,上游玻璃制造设备16可包含原料储存仓18、原料输送装置20和连接至该原料输送装置的发动机22。储存仓18可以被构造成储存一定量的原料24,可通过一个或多个加料端口将原料24加料到玻璃熔炉12的熔融容器14中,如箭头26所示。原料24通常包含一种或多种形成玻璃的金属氧化物和一种或多种改性剂。在一些实例中,原料输送装置20可由发动机22提供动力,使得原料输送装置20将预定量的原料24从储存仓18送入熔融容器14。在另外的实例中,发动机22可为原料输送装置20提供动力,从而基于相对于熔融玻璃的流动方向在熔融容器14下游检测到的熔融玻璃水平,以受控速率加入原料24。此后,可加热熔融容器14内的原料24以形成熔融玻璃28。通常,在初始的熔融步骤中,原料作为颗粒,例如作为包含各种“砂”被加入到熔融容器中。原料还可以包含来自之前操作的废料玻璃(即碎玻璃)。燃烧器用于使熔融过程开始。在电助熔融过程中,一旦原料的电阻充分降低(例如,当原料开始液化时),通过处于与原料接触位置的各电极之间形成电势而开始电助,从而建立通过原料的电流,此时原料通常进入熔融状态或者处于熔融状态。

[0224] 玻璃制造设备10还可任选地包括位于玻璃熔炉12下游的下游玻璃制造设备30。在一些实例中,下游玻璃制造设备30的一部分可以作为玻璃熔炉12的部分纳入。然而,在一些情况中,下文论述的第一连接管道32,或者下游玻璃制造设备30的其他部分,可以作为玻璃熔炉12的部分纳入。包括第一连接管道32在内的下游玻璃制造设备的元件可由贵金属形成。合适的贵金属包括选自下组金属的铂族金属:铂、铱、铑、钌、钇和钯(例如铂族金属),或其合金。例如,玻璃制造设备的下游部件可由铂-铑合金形成,该铂-铑合金包含约70重量%至约90重量%的铂和约10重量%至约30重量%的铑。然而,其他合适的金属可包括钌、铱、钇、钽、钨和其合金。

[0225] 下游玻璃制造设备30可包含第一调节(即处理)容器,如澄清容器34,其位于熔融容器14下游并通过上述第一连接管道32与熔融容器14连接。在一些实例中,熔融玻璃28可借助于重力经第一连接管道32从熔融容器14进料到澄清容器34。例如,重力可以驱动熔融玻璃28通过第一连接管道32的内部通路,从熔融容器14到达澄清容器34。但应理解,其他调节容器可位于熔融容器14下游,例如在熔融容器14与澄清容器34之间。在一些实施方式中,可在熔融容器与澄清容器之间采用调节容器,其中来自主熔融容器的熔融玻璃可在次级容器中进一步加热,以延续熔融过程,或者可冷却到比主熔融容器中的熔融玻璃的温度更低的温度,然后进入澄清容器。

[0226] 在澄清容器34中,可以通过各种技术去除熔融玻璃28中的气泡。例如,原料24可以包含多价化合物(即澄清剂),例如氧化锡,它们在加热时发生化学还原反应并释放氧气。其他合适的澄清剂包含但不限于砷、锑、铁和铈,但是如前所述,在一些应用中,因为环境原因

可能阻碍砷与锑的使用。将澄清容器34加热到比熔融容器温度高的温度,由此加热澄清剂。由一种或多种澄清剂的温度引发的化学还原反应所产生的氧气泡上升通过澄清容器内的熔融玻璃,其中,熔炉内产生的熔体中的气体可聚并或扩散到澄清剂所产生的氧气泡中。然后,浮力增加的增大的气泡可上升到澄清容器中的熔融玻璃的自由表面并随后排出澄清容器。随着氧气泡上升通过熔体,其可进一步引发澄清容器中熔融玻璃的机械混合。

[0227] 下游玻璃制造设备30还可包含另一个调节容器,如用于混合从澄清容器34向下游流动的熔融玻璃的混合设备36。混合设备36可用于提供均匀的玻璃熔体组合物,从而减少化学或热不均匀性,该化学或热不均匀性原本可存在于离开澄清容器的经澄清的熔融玻璃中。如图所示,澄清容器34可以通过第二连接管道38与混合设备36连接。在一些实例中,熔融玻璃28可以借助于重力作用从澄清容器34经第二连接管道38进料到混合设备36。例如,重力可以驱动熔融玻璃28通过第二连接管道38的内部通路,从澄清容器34到达混合设备36。应注意的是,虽然图中显示混合设备36相对于熔融玻璃的流动方向处于澄清容器34下游,但是在其他实施方式中,混合设备36可以位于澄清容器34上游。在一些实施方式中,下游玻璃制造设备30可以包括多个混合设备,例如位于澄清容器34上游的混合设备和位于澄清容器34下游的混合设备。这些多个混合设备可以具有相同设计,或者它们可以具有彼此不同的设计。在一些实施方式中,所述容器和/或管道中的一个或多个可以包括位于其中的静态混合叶片以促进熔融材料的混合和随后的均化。

[0228] 下游玻璃制造设备30还可包括另一个调节容器,例如输送容器40,其可以位于混合设备36的下游。输送容器40可以调节要进料到下游成形装置中的熔融玻璃28。例如,输送容器40可起到蓄积器和/或流量控制器的作用,以调整熔融玻璃28的流量并通过出口管道44向成形主体42提供恒定流量的熔融玻璃28。如图所示,混合设备36可以通过第三连接管道46连接至输送容器40。在一些实例中,熔融玻璃28可借助重力作用,通过第三连接管道46从混合设备36进料到输送容器40。例如,重力可以驱动熔融玻璃28通过第三连接管道46的内部通路,从混合设备36到达输送容器40。

[0229] 下游玻璃制造设备30还可包含成形设备48,该成形设备48包括上述成形主体42,该成形主体42包括入口管道50。可对出口管道44进行定位以将熔融玻璃28从输送容器40输送到成形设备48的入口管道50。借助于图2最清楚地看到,熔合下拉玻璃制造设备中的成形主体42可包括位于成形主体上表面中的槽52和在控制方向上沿着成形主体的底部边缘(根部)56会聚的会聚成形表面54。经由输送容器40、出口管道44和入口管道50输送至成形主体槽的熔融玻璃溢流过槽壁,并且作为分开的熔融玻璃流沿会聚成形表面54下行。分开的熔融玻璃流沿着根部在根部下方结合,以产生单一的玻璃带58,通过对玻璃带施加张力[例如借助于重力、边缘辊和牵拉辊(未示出)]而在控制方向60上从根部56拉制玻璃带58,从而随着玻璃冷却和玻璃粘度的增加而控制玻璃带尺寸。因此,玻璃带58经历粘弹转变并获得机械性质,该机械性质使玻璃带58具有稳定的尺寸特征。在一些实施方式中,利用玻璃分离设备(未示出),可在玻璃带的弹性区域中将玻璃带58分离成各个玻璃片62,但是在另外的实施方式中,可将玻璃带缠绕到卷轴上并储存起来以用于进一步的处理,或者作为粘性带或粘弹性带而从拉制操作中直接处理。

[0230] 图2是成形主体42的截面图,其中,熔融玻璃28流到槽52中并溢流出槽52,随后流到会聚成形表面54并接着作为玻璃带58而在向下方向上从成形主体的底部边缘56拉制出。

然后可以使玻璃带58重新定向,例如从拉制方向重新定向到与拉制方向不同的第二方向(例如水平方向),接着当在第二方向上传送玻璃带时,通过非接触式支承设备100来支承玻璃带58,如下文所述。根据前述显而易见并且鉴于以下描述,通过其他设备及通过其他方法(例如其他下拉方法、上拉方法和浮法)拉制的玻璃带可类似地得到支承,取决于具体制造方法的性质,所述玻璃带经过重新取向或不经重新取向。在一些实施方式中,玻璃带58可以由玻璃带卷轴提供而不是由成形工艺直接提供。即,之前通过任意前述示例性玻璃制造方法拉制并卷绕到卷轴(例如图3所示的供应卷轴70)上的玻璃带,其可以随后解绕并由非接触式支承设备100支承。在一些实施方式中,可以加热(例如再加热)解绕的玻璃带以降低玻璃带的粘度而用于进一步的处理,例如重新成形(例如压制、压花、模成型等)。在一些实施方式中,可以将玻璃带重新缠绕到卷起卷轴72上以随后用于进一步处理。然而,在另外的实施方式中,可以在进一步处理之前或之后,断开玻璃带以形成玻璃片62。

[0231] 因此,在一些实施方式中,当玻璃基材在非接触式支承设备100上方支承和/或传送时,可以对玻璃基材进行热调节。例如,如图2所示,玻璃基材98(例如玻璃带58或玻璃片62)定位在非接触式支承设备100与一个或多个热元件64之间。热元件64可以是电阻加热元件,其中,在一个或多个电阻加热元件中建立电流,由此加热电阻加热元件以及邻近电阻加热元件的玻璃基材,但是在另外的实施方式中,热元件可以包括,例如感应加热元件或任意其他元件,其产生的热足以对玻璃基材进行热调节,例如热调节到高于玻璃带的退火温度的温度。在一些实施方式中,可以将玻璃基材98加热到适于将玻璃基材模制成所需形状的温度,所述模制例如通过在非接触式支承设备100下游的模具(未示出)中压制玻璃基材来进行。

[0232] 在一些实施方式中,热元件64可以包括冷却元件(如中空的冷却元件),其中冷却流体流动通过冷却元件中的通道。在一些实施方式中,热元件64可以同时包括加热元件和冷却元件。在一些实施方式中,冷却可以通过将冷却流体直接冲击在玻璃基材98上来发生,例如通过来自与流体源流体连通的一个或多个喷嘴的气体射流。例如,在一些实施方式中,可以通过第一热元件组来加热玻璃基材,在这之后可以发生如上所述的进一步处理。接着,可以利用第二热元件组进行玻璃基材的冷却。

[0233] 本文所述的设备和方法可以用于非接触式地支承和/或传送存在以下粘度范围的玻璃基材,所述粘度范围是等于或大于约 $10^6$ 泊至约 $10^{10}$ 泊,例如在约 $10^6$ 泊至约 $10^9$ 泊的范围内,在约 $10^6$ 泊至约 $10^8$ 泊的范围内,在约 $10^6$ 泊至约 $10^7$ 泊的范围内,在约 $10^7$ 泊至约 $10^{10}$ 泊的范围内,在约 $10^7$ 泊至约 $10^9$ 泊的范围内,在约 $10^7$ 泊至约 $10^8$ 泊的范围内,在约 $10^8$ 泊至约 $10^{10}$ 泊的范围内,在约 $10^8$ 泊至约 $10^9$ 泊的范围内,或者在约 $10^9$ 泊至约 $10^{10}$ 泊的范围内。在由非接触式支承设备100支承时,玻璃基材98的温度可以在约 $600^{\circ}\text{C}$ 至约 $1100^{\circ}\text{C}$ 的范围内,例如在约 $600^{\circ}\text{C}$ 至约 $700^{\circ}\text{C}$ 的范围内,例如在约 $600^{\circ}\text{C}$ 至约 $800^{\circ}\text{C}$ 的范围内,例如在约 $600^{\circ}\text{C}$ 至约 $850^{\circ}\text{C}$ 的范围内,例如在等于或大于约 $700^{\circ}\text{C}$ 的温度下,例如在约 $700^{\circ}\text{C}$ 至约 $1100^{\circ}\text{C}$ 的范围内,在约 $800^{\circ}\text{C}$ 至约 $1100^{\circ}\text{C}$ 的范围内,在约 $900^{\circ}\text{C}$ 至约 $1100^{\circ}\text{C}$ 的范围内或者在约 $1000^{\circ}\text{C}$ 至约 $1100^{\circ}\text{C}$ 的范围内。在一些实施方式中,当玻璃基材由支承设备支承时,玻璃基材的温度可以等于或大于构成玻璃基材的玻璃的退火温度。然而,还应理解的是,虽然以下描述涉及支承和/或传送展现出除弹性性质之外(例如,展现出粘性或粘弹性性质)的玻璃基材,但是本文所述的设备和方法可以与包含以下粘度的玻璃基材一起使用,所述粘度是大于 $10^{10}$ 泊,例如在约

$10^{10}$ 泊至约 $10^{11}$ 泊的范围内,在约 $10^{10}$ 泊至约 $10^{12}$ 泊的范围内,在 $10^{10}$ 泊至约 $10^{13}$ 泊的范围内,在约 $10^{10}$ 泊至约 $10^{14}$ 泊的范围内,或者甚至是更大粘度。在一些实施方式中,玻璃基材98的温度可以在约 $23^{\circ}\text{C}$ 至约 $600^{\circ}\text{C}$ 的范围内,例如在约 $23^{\circ}\text{C}$ 至约 $100^{\circ}\text{C}$ 的范围内,在约 $23^{\circ}\text{C}$ 至约 $200^{\circ}\text{C}$ 的范围内,在约 $23^{\circ}\text{C}$ 至约 $300^{\circ}\text{C}$ 的范围内,在约 $23^{\circ}\text{C}$ 至约 $400^{\circ}\text{C}$ 的范围内,或者在约 $23^{\circ}\text{C}$ 至约 $500^{\circ}\text{C}$ 的范围内。玻璃基材98可以包含在约0.1毫米至约10毫米范围内的厚度,例如在约0.2毫米至约8毫米的范围内,在约0.3毫米至约6毫米的范围内,在约0.3毫米至约1毫米的范围内,在约0.3毫米至约0.7毫米的范围内,在约0.3毫米至约0.7毫米的范围内或者在约0.3毫米至约0.6毫米的范围内。本文所述的设备和方法特别用于支承和传送大型玻璃基材,例如在与传送方向正交的方向上的宽度 $W_g$ (参见图5A)等于或大于1米的玻璃片或玻璃带,例如所述宽度 $W_g$ 在以下范围内的玻璃片或玻璃带:在约1米至约2米的范围内,如在约1米至约1.1米的范围内、在约1米至约1.2米的范围内、在约1米至约1.3米的范围内、在约1米至约1.4米的范围内、在约1米至约1.5米的范围内、在约1米至约1.6米的范围内、在约1米至约1.7米的范围内、在约1米至约1.8米的范围内、或在约1米至约1.9米的范围内,但是在另外的实施方式中,玻璃基材98可以包含小于1米的宽度,例如在约0.25米至小于1米的范围内,在约0.25米至约0.75米的范围内,或者在约0.25米至约0.5米的范围内。

[0234] 图4例示了用于支承和/或传送玻璃基材98(例如玻璃片62或玻璃带58)的一种示例性非接触式支承设备100。非接触式支承设备100包括压力箱102,所述压力箱102包括多个连接的侧壁104、底壁106和顶壁108,该多个侧壁、底壁和顶壁限定了内部室110,所述内部室110被构造用于接收来自加压气体源(未示出)的加压气体112,所述加压气体源例如压缩机或贮存瓶。虽然该多个连接的侧壁104可以被布置成适于支承和/或传送玻璃基材98的任何形状,但是通常的布置是矩形,在该矩形中,压力箱包含四个侧壁104。可以向压力箱102提供加压气体112,例如通过在加压气体源与压力箱102之间提供流体连通的供应管114来提供。加压气体112可以是空气,但是在另外的实施方式中,加压气体可以主要是其他气体,或气体混合物,包括但不限于氮气、氦气和/或氩气或其混合物。

[0235] 需要时可以提供阀、计量器或其他控制部件,如一般用控制阀116表示。当需要时,可以远程控制控制阀116和其他控制部件,例如通过提供控制信号的控制器118来控制,如响应于输入而控制阀116。可以例如通过感测供应管114内或压力箱102内的气体压力的压力计120来提供输入。然后,控制器118可将压力箱102中的真实气体压力与设置的(预定的)气体压力进行比较,由此确定压力差以及向合适的部件(例如控制阀116)提供合适的控制信号,以在必要时通过打开或关闭控制阀来增加或降低气体压力,从而保持设置的压力。

[0236] 侧壁104和/或顶壁108可以包括冷却通道122,其被构造用于运载从中通过的冷却流体。例如,冷却通道122可以嵌入相应的一个或多个壁(例如壁104、106、108)中,但是在另外的实施方式中,冷却通道可以与相应的壁的表面接触。压力箱壁的冷却可以特别有益于防止由于压力箱接近来自于高温传送玻璃基材的热量和/或热元件64是加热元件时这些热元件64的热效应而导致的压力箱的变形。冷却流体可以包含水,还可以包含添加剂,例如选择用于防止壁104、106和108腐蚀或者增强导热性和热移除的添加剂,例如乙二醇、二甘醇、丙二醇及其混合物,但是在另外的实施方式中,在冷却流体中可以不存在水。例如,冷却流体可以全部是乙二醇、二甘醇、丙二醇及其混合物,或者是能够冷却压力箱壁的其他流体。在一些实施方式中,冷却流体可以是气体,例如空气,但是在另外的实施方式中,加压气体

可以主要是其他气体,或气体混合物,包括但不限于氮气、氦气和/或氩气或其混合物。壁(例如壁104、106和108)可以是金属的,包括钴铬合金或镍合金,如因科镍合金718或因科镍合金625。在一些实施方式中,所述壁包含陶瓷材料,例如氧化铝或氧化锆,或者在其他实施方式中,所述壁包含石墨。可以例如基于材料的热导率对构成壁的材料进行选择,并且可以包含不同材料的混合物。例如,在一个壁(例如顶壁108)可以由一种材料形成的同时,侧壁104可以由不同材料形成。

[0237] 非接触式支承设备100还包含多个气体轴承140,其连接到压力箱102的壁,例如连接到如图4所示的顶壁108。每个气体轴承140通过延伸通过邻近的压力箱102的壁(如顶壁108)的一个或多个端口147与压力箱102流体连通。如图5A和5B所例示的,多个气体轴承140可以成线性阵列布置,即,多排单独的气体轴承平行于轴144延伸,所述轴144与玻璃基材98的传送方向142正交,但是在其他实施方式中,气体轴承可以其他图案布置。可以将气体轴承140布置成使一排中的相邻气体轴承之间的间隙146与传送方向上的相邻排中的间隙146在平行于轴144的方向上偏离。也就是说,一排中没有间隙146是相邻排中的任何间隙146的线性延续。因此,气体轴承可以从一排交错到下一排。

[0238] 所述多个气体轴承中的每个气体轴承140包含主表面148,其被取向成当沿着传送方向142在支承设备上方传送玻璃基材98时,其邻近玻璃基材98。主表面148可以是基本为平面(平坦)的表面,但是在其他实施方式中,主表面148可以是弯曲表面。主表面148由多个外周边缘限定,所述多个外周边缘包括与传送方向142正交的第一对平行边缘149a、149b,以及连接第一对边缘的第二对边缘149c、149d,第二对边缘相对于传送方向142成角 $\alpha$ 布置,并且彼此互补。第一对边缘和第二对边缘代表气体轴承的边缘表面与主表面148之间的相交。边缘表面可以与主表面148正交。成角度的边缘149c、149d,尤其是相关的成角度的边缘表面可以在玻璃基材传送期间最大程度地减少(例如消除)玻璃基材98的表面的凹痕、波纹或其他物理损毁,例如当玻璃基材98是本文所述的粘度范围内的粘性或粘弹性时。应理解,基于上文描述,相邻气体轴承之间在长度方向上(平行于轴144)的界面或间隙相对于传送方向142以角 $\alpha$ 成角度,例如该角 $\alpha$ 在约20度至约60度的范围内,例如在约30度至约50度的范围内。气体轴承140可以通过常规的机械加工方法来制造,但是在另外的实施方式中,气体轴承140可以通过3D打印以整体件来生产。

[0239] 现在转到图6和7,所述附图描述了一种示例性气体轴承140,其包含定位在气体轴承的主体154内部中的充气室152,充气室152包含在与气体轴承的长度方向平行的方向上延伸的细长腔体。在一些实施方式中,一个气体轴承的充气室152不与相邻气体轴承的充气室直接连接,并且除了通过腔室110之外,其不与任何相邻的充气室流体连通。在一些实施方式中,气体轴承140可以包含多个充气室152,其中所述多个充气室中的每个充气室不与相同气体轴承主体中的相邻充气室152直接流体连通。

[0240] 充气室152通过中间通道156与一个或多个狭缝150流体连通,所述中间通道156将加压气体112分配到所述一个或多个狭缝150,并且充气室152还通过延伸通过顶壁108的通道147而与腔室110流体连通。在图6和7的实施方式中,中间通道156的尺寸被调整成中间通道156基本上不限制充气室152与狭缝150之间的气体流动。在本实施方式中,中间通道156显示为在两个相邻的平行狭缝150之间延伸,并且与该两个相邻的平行狭缝150流体连通。如图所示,中间通道156可以包含圆柱形,但是在其他实施方式中,中间通道156可以包含其

他中空管状形状。中间通道156的中心纵轴138可以与主表面148平行,但是在另外的实施方式中,纵轴138可以相对于主表面148成其他角度。

[0241] 在充气室152与中间通道156之间定位有阻抗孔158,并且该阻抗孔158与充气室152和中间通道156均流体连通,且其限制加压气体在充气室152与中间通道156之间的流动。因此,在一些实施方式中,阻抗孔158可以直接连接充气室152与中间通道156。在一些实施方式中,阻抗孔158可以是在充气室152与中间通道156之间延伸的大致为圆柱形的孔洞,但是在另外的实施方式中,阻抗孔158可以具有其他形状。阻抗孔158的纵轴170可以垂直于主表面148对齐,但是在另外的实施方式中,纵轴170可以相对于主表面148成其他角度对齐。阻抗孔158的大小被调整成当玻璃基材98由非接触式支承设备100支承时,通过阻抗孔的压降是主表面148与玻璃基材98之间的空间中的压力的约50至100倍。在一个示例性实施方式中,阻抗孔的尺寸可以调整成对10升/分钟(0.35立方英尺/分钟)的气体流动速率产生约15mbar(0.218psi)的压降。虽然仅示出了单个阻抗孔158,但是气体轴承140可以包含在多个中间通道156与充气室152之间延伸的多个阻抗孔。

[0242] 气体轴承140还包括沿着气体轴承的长度L(例如气体轴承的整个长度L)延伸的一个或多个狭缝150。在一些实施方式中,所述一个或多个狭缝150的宽度W沿着狭缝的长度可以是基本均匀的。所述一个或多个狭缝150可以在与轴144平行并且与传送方向142正交的方向上延伸。虽然图6和7例示的气体轴承140包含两个狭缝150,但是气体轴承140可以包含多于两个狭缝。

[0243] 狭缝150在气体轴承140的主表面148处开口,开口162是沿着气体轴承的长度延伸的狭缝形状连续开口的,并且在气体轴承的操作期间,气体由该开口162而从气体轴承排出。根据本公开的一些实施方式,阻抗孔158的出口孔隙160可以与狭缝150的开口162间隔至少约5毫米的距离。例如,参考图7,该图是图6中的用点划线圆圈表示的部分A的特写视图,阻抗孔158的出口孔隙160与狭缝150的开口162(即,在主表面148的平面处)分开至少距离d,其中距离d是主表面148处的开口与阻抗孔的出口孔隙160之间的最短流动路径。在一些实施方式中,距离d等于或大于约10毫米,例如在约10毫米至约20毫米的范围内,但是在另外的实施方式中,距离d可以大于20毫米。阻抗孔158的出口孔隙160与狭缝150的开口162间隔开有助于沿着狭缝150的长度保持基本均匀的气体流动。

[0244] 在一些实施方式中,在给定的气体轴承排中以端部对端部布置的相邻气体轴承之间的间隙146可以最小化到流动通过狭缝150的气体基本上不从狭缝150与相邻气体轴承的狭缝之间的间隙逸出的程度。也就是说,气体可以从一个气体轴承的狭缝流到相邻的另一个气体轴承的狭缝,各气体轴承被布置成使第一气体轴承的狭缝与相邻的端部对端部的气体轴承的狭缝对齐,使得除了通过狭缝的主表面开口逸出之外,没有显著量的气体从任何一个狭缝逸出。因此,实际上,所述两个或更多个对齐的狭缝基本上起到一个连续狭缝的作用。在一些实施方式中,在间隙146中可以使用垫片以防止气体从相邻的气体轴承之间泄漏。

[0245] 图8是与图6和7所示的气体轴承140相似的另一个气体轴承240的实施方式的截面图,气体轴承240包含主体254以及与狭缝250流体连通的中间通道256,所述主体254包含充气室252,该充气室252通过通道157与腔室110流体连通。如图8所示,狭缝250可以与中间通道256直接连接而无需介于其间的通道。同样如图8所示,中间通道256的体积可以大于狭缝

250的体积。图8示出了两个相邻的狭缝250,每个狭缝250与单独的中间通道256流体连通,所述单独的中间通道256在气体轴承的长度方向上以平行取向延伸。因此,示出两个中间通道256——每个狭缝250各一个中间通道。然而,应理解,多个狭缝250可以连接到单独的中间通道256。还如图所示,中间通道256通过阻抗孔258与充气室252流体连通,所述阻抗孔258在中间通道256与充气室252之间延伸并且连接中间通道256和充气室252。气体轴承240可以包括多个阻抗孔258,它们在充气室152与中间通道256之间延伸,或者在充气室152与沿着气体轴承140的长度的多个中间通道256之间延伸。在图8的实施方式中,阻抗孔258以基本圆柱形的孔示出,其包含中心纵轴270,在一些实例中,该中心纵轴270可以与主表面248平行,但是在其他实施方式中,阻抗孔可以具有其他形状,并且中心纵轴270无需与主表面248平行。

[0246] 阻抗孔258限制加压气体在充气室252与中间通道256之间流动。在一些实施方式中,充气室252不与相邻气体轴承的充气室直接连接,并且除了通过腔室110之外,其可以不与相邻的充气室流体连通。例如,在一些实施方式中,每个气体轴承可以包含多个充气室252,其中所述多个充气室中的每个充气室除了通过腔室110流体连通之外,不与相邻充气室252直接流体连通。阻抗孔258的大小被调整成当玻璃基材98由非接触式支承设备100支承时,通过阻抗孔258的压降是主表面248与玻璃基材98之间的空间中的压力的约50至100倍。

[0247] 狭缝250在气体轴承240的主表面248处开口,该开口是沿着气体轴承的长度延伸的狭缝形的连续开口。根据本公开的一些实施方式,阻抗孔258的出口孔隙可以与狭缝250的主表面开口间隔至少约5毫米的距离。例如,阻抗孔258的出口孔隙与狭缝250的出口开口(即,在主表面248的平面处)分开至少距离 $d$ ,其中距离 $d$ 是表面248处的开口与阻抗孔258的出口孔隙之间的最短流动路径。在一些实施方式中,距离 $d$ 等于或大于约10毫米,例如在约10毫米至约20毫米的范围内,但是在另外的实施方式中,距离 $d$ 可以大于20毫米。

[0248] 应注意,本文所述的非接触式支承设备在有益于支承和/或传送玻璃基材(尤其是温度高于玻璃基材的退火温度的玻璃基材)的同时,该非接触式支承设备可以用于支承和/或传送包含其他材料的其他基材,所述其他材料例如但不限于聚合物材料、金属材料、玻璃陶瓷材料和陶瓷材料。

[0249] 根据本公开,公开了一种用于支承玻璃基材98的方法。所述方法可包括:在传送方向上,在上文公开的非接触式支承设备100上方传送玻璃基材98。所述非接触式支承设备100包括压力箱102,其包封有与加压气体源(例如压缩机或加压气体瓶或缸)流体连通的腔室110。压力箱102还包括多个气体轴承140,其定位在压力箱上,并且被布置成正交于玻璃基材98的传送方向118延伸的多个排。所述多个气体轴承中的每个气体轴承140包括充气室152,其与腔室110流体连通并且在气体轴承的长度方向上延伸。气体轴承还包括中间通道156和狭缝150,所述中间通道156通过阻抗孔158与充气室152流体连通,所述阻抗孔158的尺寸被调整成限制充气室152与中间通道156之间的流体流动,所述狭缝150与中间通道156流体连通并且沿着气体轴承的长度延伸,狭缝开口位于气体轴承的主表面148处并且被构造使气体从该狭缝开口排出,以在加压气体层上支承玻璃基材98。狭缝的宽度 $W$ 沿着狭缝长度可以是均匀的。

[0250] 所述方法还包括沿着狭缝长度从狭缝150排出气体,由此在与气体轴承140的主表

面148间隔开的位置中支承玻璃基材98。在一些实施方式中,通过阻抗孔158的压降等于或大于气体轴承140与玻璃基材98之间的气体压力的50倍,例如,是气体轴承与玻璃基材之间的气体压力的约50倍至约100倍。

[0251] 所述方法还可以包括:当在支承设备上方传送玻璃基材时,将玻璃基材98加热到高于玻璃基材的退火温度的温度。玻璃基材的宽度 $W_g$ 可以是至少1米,在非接触式支承设备100上方传送玻璃基材后,玻璃基材的主表面相对于参比平面的最大变化不超过100微米。参比平面例如可以是玻璃基材的平面。

[0252] 在一些实施方式中,玻璃基材是玻璃带,所述方法还包括:先从成形主体拉制出玻璃带,再用支承设备支承玻璃带。在一些实施方式中,所述方法还可以包括:在用支承设备支承玻璃基材之前,先将玻璃带从第一方向重新定向到与第一方向不同的第二方向。

[0253] 在一些实施方式中,从邻近于玻璃基材边缘部分定位的气体轴承排出的气体压力可以大于从定位在玻璃基材中心部分下方的气体轴承排出的气体压力,但是在其他实施方式中,参比平面可以是主表面148。

[0254] 在一些实施方式中,从邻近于玻璃基材边缘部分定位的气体轴承排出的气体压力可以大于从定位在玻璃基材中心部分下方的气体轴承排出的气体压力。例如,可以沿着压力箱102的部分排列第二和/或第三多个气体轴承,在该压力箱102的部分上方传送着玻璃基材98的边缘部分。所述第二和/或第三多个气体轴承中的气体轴承可以使它们的阻抗孔尺寸不同于沿着玻璃基材中心部分的传送路径布置的阻抗孔的尺寸,以补偿可能在支承装置边缘附近发生的任何的气体压力下降。

[0255] 玻璃片普遍通过以下步骤制造:使熔融玻璃流入成形主体,由此可以通过各种带成形工艺形成玻璃带,所述带成形工艺包括浮法、下拉(例如狭缝拉制和熔合拉制)、上拉或任意其他成形工艺。玻璃片可例如来自US20150099618所述的辊轧工艺。

[0256] 离散的气体轴承

[0257] 在许多情况中,能够在不接触玻璃的情况下,以软化状态来处理热玻璃带是兴趣所在,这些情况例如当将玻璃带从基本垂直的取向转到基本水平的取向时,当玻璃仍是粘性条件时水平移动或传送玻璃时,当通过重力使玻璃塌落同时避免接触时,或者当从玻璃流蓄积大量熔融玻璃时。

[0258] 随后可以将来自这些工艺中的任意工艺的玻璃带分开以提供适于进一步加工成所需应用(包括但不限于显示应用)的一片或多片玻璃片。例如,所述一片或多片玻璃片可用于各种显示应用,包括液晶显示器(LCD)、电泳显示器(EPD)、有机发光二极管显示器(OLED)、等离子体显示面板(PDP)等。强化玻璃片,例如经受离子交换工艺的玻璃片或经过热回火的玻璃片,可在某些显示应用中用作盖板玻璃。可以将玻璃片从一个位置运输到另一个位置。可以使用常规支承框架运输玻璃片,所述常规支承框架被设计用于将玻璃片堆叠体固定在适当位置。另外,可在每个相邻的玻璃片之间放置夹层材料,以有助于防止玻璃片之间的接触并因此保护玻璃片的原始表面。

[0259] 气体轴承技术是已知的。然而,已知的技术缺乏本文所述的一个或多个特征,包括但不限于集成的热控制、细的气体馈送节距和高的操作温度能力。

[0260] 在一些实施方式中,气体轴承包括离散的出口端口,能够在高温(例如最高至800-1000°C)操作,并且包括集成的热控制系统(例如用于冷却流体的通道)。离散的出口端口包

括小节距图案(例如至少8,000个出口端口/m<sup>2</sup>)。内部气体回路提供了小的通道,该通道产生的背压显著高于由待支承、移动或转向的玻璃所产生的压力。

[0261] 内部气体回路通过例如用于冷却流体通过的内部通道,用于提高与环境的热交换的集成鳍片系统,以及所插入的电加热器的通道而提供了控制装置的温度范围的能力。

[0262] 在一些实施方式中,气体轴承装置可以通过3D打印方法或熔模铸造方法(例如使用失蜡技术)来制造。

[0263] 一些实施方式的一个优点在于细微离散的气体轴承供应可支承软化材料(例如热玻璃)。粗离散的气体轴承无法对软化材料提供足够的支承。气体轴承还提供了轴承压力与气体膜中的压力的期望比值。

[0264] 相比于接触软化玻璃的气体轴承,本文所述的一些实施方式提供了以下优点:例如没有损坏或者与接触相关的表面缺陷,玻璃与工具之间的传热显著减少从而可延长玻璃的可成形性,以及支承件与熔融玻璃之间没有摩擦。

[0265] 如图17所例示的,气体轴承可用于将玻璃带从垂直转到水平。气体轴承装置限定了转向期间玻璃带的形状,同时避免了与玻璃带的任何接触。这确保了对玻璃表面没有摩擦或损坏。

[0266] 如图18所示,气体轴承装置还可以在气体轴承与玻璃之间不接触的情况下,在基本水平的平面上传送或支承玻璃。在一些实施方式中,将软玻璃带支承在基本水平的平面上,同时将其从成形区域传送到辊传送区域。

[0267] 如图19A和19B所示,气体轴承装置也可以是蓄积器。蓄积器可以制成两个或更多个部分,其中在蓄积器与玻璃不接触的情况下蓄积玻璃。当蓄积所需体积的玻璃时,所述两个或更多个部分可以是分离的,并且玻璃体积直接落在模具上,玻璃可在此处进一步成形或得到处理。气体轴承可以用于接收和蓄积熔融玻璃流,以在热控制条件下对其进行预成形。这可避免在该操作期间玻璃非常显著地冷却。

[0268] 如图20a和20b所示,当玻璃在重力作用下下垂时,气体轴承装置还能够支承玻璃。这能够使玻璃片在不接触模具的情况下变形。在该构造中,首先将玻璃装载在气体轴承装置的上方,然后当玻璃下垂时,气体轴承装置支承玻璃而不使玻璃与气体轴承装置之间接触。

[0269] 虽然图20例示了片材非接触式地变形成弯曲片材,但是可以类似地变形其他形状,例如管及更加复杂的形状。

[0270] 气体轴承装置还可以具有气体通道。气体轴承装置还可以具有集成的水冷却回路。气体轴承装置包括分布在某节距的出口端口,如图23所示。出口端口馈送有气体。馈送的气体通过计量管。每个计量管进而对至少一个出口端口进行馈送。在一个具体的实施方式中,每个计量管对4个出口端口进行馈送,并且出口端口之间的节距是3mm。例如,如图23所示,每个计量管2152对4个出口端口2151进行馈送,并且各个出口端口之间的节距2170是3mm。

[0271] 除了出口端口,气体轴承装置还可以具有设置在支承表面上的通气端口,如图31-34所示。通气端口提供允许使气体从气体膜逸出的端口阵列。当支承相当大尺寸的物品时,这可以是有意义的,如果仅存在供应气体的出口端口而不存在通气端口,则这可导致“气泡效应”。

[0272] 本文公开的实施方式包括能够在不接触任何表面的情况下支承软玻璃或熔融玻璃的装置,其具有以下特征:

[0273] 气体轴承可以具有细微离散的出口端口阵列,通过该阵列供应气体,例如,如图24所示。这些出口端口可以是圆形通道,但是也可以显著背离圆形通道。一个具体的方面在于:在气体到达出口端口之前,向气体提供具有较小截面的计量管。计量管可以是圆形管,但是也可以显著背离圆形。在一些实施方式中,计量管可以是狭缝。计量管可以对单独的一个出口端口进行馈送,但是一般优选将气流从一个计量管分配到多个出口端口。

[0274] 在一些实施方式中,气体轴承向气体膜提供气流,而与受支承的材料(例如玻璃带、玻璃片)所施加的压力无关。这要求馈送到气体轴承的气体进口中的压力显著大于受支承的材料所施加的压力。计量管产生了对应的压降。

[0275] 轴承的性能指标定义为:

$$[0276] \quad \text{指标} = \frac{Z X^3}{\mu}, \quad \text{单位为} \text{m}^{-1}$$

[0277] 其中X是各计量管之间的平均间距,或者 $X^2$ 是对应于非正方形分布的计量管的面积,以米表示,Z是一个计量管的气体回路的阻抗,以 $\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ 表示,并且 $\mu$ 是所承载的气体的动态粘度,以 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 表示。该指标的数值与计量管之间的平均间距(X)和一个计量管的气体回路的阻抗(Z)均成正比。该指标的数值与动态粘度( $\mu$ )成反比。因此,该指标的数值随着X的增加而增加,随着Z的增加而增加,或者随着 $\mu$ 的减小而增加。尽管单位是 $\text{m}^{-1}$ ,但是数值较大的指标被认为“大于”数值较小的指标。在一些实施方式中,大于 $2.5 \times 10^6 \text{m}^{-1}$ 的指标数值是可接受的。在一个优选的实施方式中,指标数值大于 $5 \times 10^6 \text{m}^{-1}$ 。在一些实施方式中,通气端口的阻抗小于计量管的阻抗。

[0278] 在一些实施方式中,独立的通道或冷却回路用于热流体的循环。热流体可以是用于实现冷却作用的气体或液体,或者是向零件提供热能的预热流体。也可以使用用于插入电加热元件的通道。

[0279] 在不接触玻璃的情况下,移动、重新定位或支承熔融玻璃流也是有用的。未细微离散的气体轴承装置(或者粗离散的气体轴承装置)可以向刚性主体提供充分支承,但是粗离散的气体轴承无法向软化主体(例如软化玻璃)提供充分支承。所述气体轴承装置包括细微离散的出口端口,其供应气体以产生薄的气体膜。气体轴承装置可以被构造成在装置与玻璃不接触的情况下对玻璃进行移动、重新定位或支承,同时还对软化主体提供充分支承。气体轴承装置还包括集成的热控制系统。气体膜允许在高温下处理玻璃而不对玻璃表面造成因接触导致的任何损坏或损毁。气体膜还降低了来自玻璃的传热,这可延长可对玻璃进行成形的时间。另外,在气体膜支承件与玻璃之间不存在摩擦。

[0280] 如图9所示,在一些实施方式中,玻璃制造设备10向下游玻璃制造设备30提供玻璃带903,所述下游玻璃制造设备30例如狭缝拉制设备、浮浴设备、下拉设备、上拉设备、压辊设备或其他玻璃带制造设备(如下文进一步详细描述)。图9示意性地例示了一种用于拉制玻璃带903的示例性下游玻璃制造设备,其通过使用玻璃进料单元940而随后将玻璃加工成玻璃带。

[0281] 下游玻璃制造设备30还可包括输送容器40和出口管道44。输送容器40可以调节要进料到玻璃进料单元940中的熔融材料。

[0282] 如图进一步例示的,可对出口管道44进行定位以将熔融玻璃28输送至下游玻璃制造设备30的玻璃进料单元940。如下文更完整论述的,玻璃进料单元940可以将熔融玻璃28拉制离开成形容器943的根部945而成为玻璃带903。在例示的实施方式中,成形容器943可配备有进口941,该进口141被定向用于接收来自输送容器40的输送管道44的熔融玻璃28。

[0283] 玻璃进料单元940可以是可缩放的,以输送所需尺寸的玻璃带903。在一些实施方式中,玻璃带903的宽度可以是50mm至1.5米(m)。在一些实施方式中,玻璃带903的宽度可以是50mm至500mm。玻璃带903的宽度可以是150mm至300mm。在一些实施方式中,玻璃带903的宽度可以是20mm至4,000mm,例如50mm至4,000mm,例如100mm至4,000mm,例如500mm至4,000mm,例如1,000mm至4,000mm,例如2,000mm至4,000mm,例如3,000mm至4,000mm,例如20mm至3,000mm,例如50mm至3,000mm,例如100mm至3,000mm,例如500mm至3,000mm,例如1,000mm至3,000mm,例如2,000mm至3,000mm,例如2,000mm至2,500mm,以及其间的所有范围和子范围。

[0284] 下游玻璃制造设备30还可包括进料后的玻璃成形装置950。进料后的玻璃成形装置950可接收由玻璃进料单元940进料的熔融玻璃流,并且由熔融玻璃流产生玻璃带和/或玻璃片。在一些实施方式中,示例性进料后的玻璃成形装置950在下图10-14中有详细描述。

[0285] 由在相当低的粘度下失透的玻璃组合物形成原始玻璃片是困难的。在传统的熔合拉制工艺或狭缝拉制工艺中,限制与以下事实有关:在这些垂直工艺中,在输送点降低粘度导致拉制片材时产生的粘力下降。在一些实施方式中,输送点是熔融玻璃流移动成自由下落之前触碰固体表面的最后位置,例如对于熔合工艺来说,其是成形主体的根部,或者在狭缝拉制工艺中是狭缝的尖端。该拉制力可变成小于片材的重量。接着,片材不再处于拉伸状态,并且将具有平面外运动,这种运动被称为“松散翘曲”。

[0286] 在一些实施方式中,本文所述的玻璃成形设备和方法允许由在相当低的粘度下失透的玻璃组合物制成薄玻璃片,所述玻璃组合物例如液相线粘度低于25,000泊(例如低于10,000泊或是500泊至5,000泊)的玻璃,而这极难通过传统的熔合拉制工艺或狭缝拉制工艺来实现。另外,可以将所述工艺设置成中等规模而无需大规模浮法生产线的大量资本支出。

[0287] 另外的新特征将在下面的描述中阐述,并且部分特征对本领域的技术人员而言在审查下文描述和附图后变得显而易见,或者可以通过制造和操作实例而习得。本公开的新特征可以通过实践或使用下文论述的详细实例中阐述的方法、工具和组合的各个方面来实现和获得。

[0288] 图10是一种示例性玻璃成形设备1000的示意图。玻璃成形设备1000可以包括玻璃进料单元940以及图9例示的进料后的玻璃成形装置950。玻璃进料单元940可在第一方向(例如垂直方向)上提供熔融玻璃流1002。进料后的玻璃成形装置950可接收第一方向上的熔融玻璃流1002,并且将其引导到第二方向(例如水平方向)。在一些实施方式中,进料后的玻璃成形装置950可以迅速降低熔融玻璃流1002的温度,同时对熔融玻璃流1002重新定向,并且在第二方向上从熔融玻璃流1002拉制出玻璃带。在该实施方式中,进料后的玻璃成形装置950包括气体轴承单元1010、对流冷却系统1020、隔热件1030和支承单元1040。

[0289] 玻璃进料单元940可以是成形容器。在某些示例性实施方式中,玻璃进料单元940可以是熔合下拉设备中的成形主体。在某些示例性实施方式中,玻璃进料单元940可以是狭

缝拉制设备中的狭缝孔单元。如本文中所使用的,术语“孔”是指被构造用于传输流体流的一部分玻璃进料单元940中的开口。孔可以包括一个孔隙或者被支承件分开的多个孔隙。应理解,玻璃进料单元940可以是可提供熔融玻璃流1002的任何其他类型的玻璃成形容器,例如鱼尾形单元。在一些实施方式中,鱼尾件是允许从狭缝出口输送熔融玻璃流的装置。其可以连接到进口管,然后将熔融玻璃流由该初始的管形分配到在狭缝处离开的线性流。

[0290] 玻璃进料单元940可以包含在高的温度和压力下耐材料变形(即蠕变)的材料。例如,玻璃进料单元940可以包含在1,400摄氏度(°C)至1,700°C的温度下输送熔融玻璃的材料。在一些实施方式中,玻璃进料单元940可包含铂,例如铂铑(PtRh)合金,以使玻璃进料单元940与高的温度和压力相容,从而用于输送高温熔融玻璃。例如,在一些实施方式中,玻璃进料单元940可包含至少80重量%的铂和最高达20重量%的铑,例如80/20PtRh合金。在一些实施方式中,玻璃进料单元940可包含至少90重量%的铂和最高达10重量%的铑,例如90/10PtRh合金。在一些实施方式中,玻璃进料单元940可以基本上由纯铂制成。在一些实施方式中,玻璃进料单元940可以是掺铑材料。玻璃进料单元940可以具有输出路径,在该输出路径中,以玻璃流动密度供应熔融玻璃流1002。玻璃流动密度可以根据玻璃进料单元940的出口宽度而变化。在一些实施方式中,玻璃进料单元940被构造用于向气体轴承装置供应连续的玻璃流。在一些实施方式中,当玻璃通过玻璃进料单元供应时,所述玻璃是熔融的。

[0291] 在一些实施方式中,流动通过玻璃进料单元940的熔融玻璃的粘度小于25,000泊,例如50泊至10,000泊。在一些实施方式中,流动通过玻璃进料单元940的熔融玻璃的粘度为500泊至5,000泊。在一些实施方式中,流动通过玻璃进料单元940的熔融玻璃的粘度可以通过调整以下中的一项或多项来控制:熔融玻璃供应物的流动距离和压力、熔融玻璃供应物的温度、孔的宽度和孔的开口距离。

[0292] 熔融玻璃流1002在玻璃进料单元940中的某一位置处的粘度可以基于玻璃进料单元940在该位置处的温度来确定。在一些实施方式中,玻璃进料单元940可包括温度传感器(未示出),其用于确定沿着玻璃进料单元940的一个或多个位置处的温度,从而确定所述位置处的熔融玻璃的粘度。在一些实施方式中,玻璃进料单元940可包括加热器(未示出),其可向玻璃进料单元940的下部提供主动加热,以防止在熔融玻璃流1002中形成可使玻璃失透的冷斑。例如,成形主体的根部或狭缝孔的底部可能趋向于玻璃进料单元940的几何结构,并且不能够包含良好的绝热机构而显著冷却到低于输送熔融玻璃流1002所需的温度。加热器可以在熔融玻璃流1002被输送到进料后的玻璃成形装置950之前,减少(例如防止)熔融玻璃流1002的局部冷却。加热器可以例如通过玻璃进料单元940的贵金属主体进行直接电加热,或者进行感应加热。在一些实施方式中,在熔融玻璃流202通过隔热件1030之前,加热器可以防止熔融玻璃流202的温度下降到低于500°C,例如低于600°C、低于700°C、低于800°C、低于900°C、低于1000°C、低于1100°C、低于1200°C、低于1300°C、低于1400°C、低于1500°C或低于1600°C、1700°C、1800°C、1900°C、2000°C,以这些数值中的任一数值为下限的任意范围中,或由这些数值中的任意两个数值限定的范围中。例如,对于钠钙玻璃,加热器可以将熔融玻璃流1002的温度升高到600°C至850°C,或者对于硬玻璃或玻璃陶瓷前体玻璃,加热器可以将熔融玻璃流1002的温度升高到800°C至1100°C。在一些实施方式中,加热器还可控制离开玻璃进料单元940的熔融玻璃流1002的温度,从而控制熔融玻璃流1002的粘度。因此,加热器可以有利于保持熔融玻璃流1002的粘度足够地低,以避免玻璃进料单元

940上的失透。气体轴承单元1010可定位在玻璃进料单元940的下方并在玻璃进料单元940的输出路径附近。气体轴承单元1010可以是利用气体薄膜在各表面之间提供低摩擦界面的任何轴承。在气体轴承单元1010与熔融玻璃流1002之间无物理接触的情况下,气体轴承单元1010对熔融玻璃流1002进行重新定向。通过在气体轴承单元1010与熔融玻璃流1002之间的“轴承区”中产生气体膜,在无接触的情况下,气体轴承单元1010完成了该重新定向。

[0293] 气体轴承单元1010可以包括多个出口狭缝,气体从所述出口狭缝供应以产生气体膜。由气体轴承单元1010供应的气体可以在熔融玻璃流1002的第一主表面1003上形成气体膜(轴承区)。在一些实施方式中,可由气体轴承单元1010供应的气体包括空气和惰性气体,例如氮气、氩气、氦气等。如图11和12所示,出口狭缝1016定位在气体轴承单元1010的面向玻璃的凸侧上,以使得到的轴承区与熔融玻璃流1002的第一主表面1003的凹形形状匹配。轴承区迫使熔融玻璃流1002从垂直转到水平。在一些实施方式中,气体轴承单元1010可以包含多孔材料,例如石墨、不锈钢或陶瓷。在一些实施方式中,气体轴承单元1010可以由离散的气体馈送制成。例如,由气体轴承单元1010供应给轴承区的气体包括多个限制通道1014,其引入有阻止气体通道的阻抗。这些限制物可以放置在离气体从中逸出的出口狭缝1016充分远的地方,使得这种气体逸出沿着逸出路径几乎是均匀的。

[0294] 气体轴承单元1010可以被构造成在不接触熔融玻璃流1002的情况下,将熔融玻璃流1002从第一方向重新引导到第二方向。在一些实施方式中,第二方向可以是水平方向。在一些实施方式中,气体轴承单元1010充分靠近玻璃进料单元940的输出路径,以从输出路径重新定向熔融玻璃流1002。在一些实施方式中,气体轴承单元1010的半径可以不大于8厘米(cm),例如1cm、2cm、3cm、5cm、6cm、7cm、8cm,以这些数值中的任一数值为上限的任何范围中,或者在这些数值中的任何两个数值限定的范围中,从而气体轴承单元1010可在短距离内将熔融玻璃流1002转到水平方向。例如,气体轴承单元1010的半径可以是5cm,从而可在约5cm的高度内将熔融玻璃流1002从垂直转到水平。

[0295] 在一些实施方式中,气体轴承单元1010可包括一个或多个流体冷却剂通道1012。流体冷却剂通道1012可冷却气体轴承单元1010所供应的气体。结果,可将由气体轴承单元1010形成的轴承区的温度下降到低于环境温度,并且显著低于熔融玻璃流1002的温度,从而冷却熔融玻璃流1002。在流体冷却剂通道1012中可以使用任何合适的流体冷却剂,例如水、乙二醇、二甘醇、丙二醇或甜菜碱。

[0296] 在一些实施方式中,对流冷却系统1020可以定位在玻璃进料单元940的下方并位于与气体轴承单元1010相对的熔融玻璃流1002的另一侧上。如下文详细描述,对流冷却系统1020可以包括朝向气体轴承单元1010的一个或多个喷嘴1024。在一些实施方式中,喷嘴1024可以被构造成喷射气体,该气体将熔融玻璃流1002推向气体轴承单元1010。在该实施方式中,喷嘴1024可以定位在对流冷却系统1020的凹侧上,以与熔融玻璃流1002的第二主表面1004的凸形形状相匹配,所述第二主表面1004与具有凹形形状的第一主表面1003相对。由喷嘴1024喷射出的气体对第二主表面1004施加强制对流,从而降低熔融玻璃流1002的温度。另一方面,气体还推动熔融玻璃流1002靠近气体轴承单元1010,从而减小熔融玻璃流1002的第一主表面1003与气体轴承单元1010之间的轴承区,由此进一步提高熔融玻璃流1002的第一主表面1003上的冷却。在一些实施方式中,可根据熔融玻璃流1002的宽度来调整对流冷却系统1020的宽度。

[0297] 在一些实施方式中,如图11和12所示,对流冷却系统1020包括气体腔室1022以及与气体腔室1022流体连通的多个喷嘴1024。气体腔室1022储存常压下的气体,每个喷嘴1024被构造成喷射来自气体腔室1022的气体。在一些实施方式中,每个喷嘴1024包括连接到气体腔室1022的尖端1026以及可相对于尖端1026移动的调节器1028,该调节器1028用于控制离开尖端1026的气体的流动速率。所述流动速率可以是1标准立方米/小时( $\text{Nm}^3/\text{hr}$ )至 $20\text{Nm}^3/\text{hr}$ 的气体,例如 $2\text{Nm}^3/\text{hr}$ 至 $10\text{Nm}^3/\text{hr}$ 的气体。每个调节器1028可以在朝向或远离相应的尖端1026的方向上移动,以控制从气体腔室1022进入到尖端1026的气体体积。例如,当调节器1028更靠近对应的尖端1026移动时,离开尖端1026的气体的流动速率下降,直到调节器1028完全切断从气体腔室1022进入到尖端1026的气体。在一些实施方式中,可以单独地控制每个调节器1028,从而可以改变每个喷嘴1024的流动速率。在一些实施方式中,每个喷嘴1024以连续的方式供应气体。可以将多个喷嘴1024布置成某种图案,例如如图12所示的阵列。应理解,在其他实施方式中,多个喷嘴1024的图案可以变化。通过设置多个喷嘴1024的具体图案和/或调整每个单独的喷嘴1024的流动速率,可以获得各种气体喷射图案,其可影响熔融玻璃流1002的形状和/或尺寸。

[0298] 在一些实施方式中,在玻璃进料单元940与气体轴承单元1010之间可以定位有隔热件1030。如上所述,加热隔热件1030上方且邻近玻璃进料单元940的区域,同时冷却隔热件1030下方且邻近气体轴承单元1010和对流冷却系统1020的区域。因此,隔热件1030可减少加热的上部区域与冷却的下部区域之间的热交换,从而进一步降低冷却的下部区域中的熔融玻璃流1002的温度。

[0299] 在该实施方式中,玻璃成形设备1000可以包括三种热管理装置——气体轴承单元1010中的流体冷却剂通道1012、对流冷却系统1020和隔热件1030。在一些实施方式中,玻璃成形设备可以包括上述三种热管理装置中的仅一种或仅两种。在一些实施方式中,玻璃成形设备可以包括对流冷却系统1020和气体轴承单元1010中的流体冷却剂通道1012。

[0300] 在任何情况中,热管理装置可迅速冷却离开玻璃进料单元940的熔融玻璃流1002,同时使熔融玻璃流1002的方向转变。例如,在熔融玻璃流1002重新定向到第二方向的同时,可以在熔融玻璃流1002的至少一侧上应用上述一种或多种热管理装置来实现热提取,所述热管理装置在至少50mm的距离内具有至少 $150\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 的传热系数。结果,在熔融玻璃流1002转到水平方向上后,其可迅速到达充分高的粘度,使得可由熔融玻璃流1002拉制玻璃带。传热系统(HTC)表示热提取的量值,其定义如下:

$$[0301] \quad Q = \text{HTC} \times (T - T_{\text{环境}}),$$

[0302] 其中,Q是在熔融玻璃流1002的一侧上提取的热通量,T是在所考虑的一侧上的熔融玻璃流1002的主表面处的局部温度。该两侧可使熔融玻璃流1002具有不同的表面温度,并且 $T_{\text{环境}}$ 是邻近(例如相距1英寸或2英寸)熔融玻璃流1002的环境温度。在一些实施方式中,50mm距离内的传热系数可以是 $150\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $200\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $250\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $300\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $350\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $400\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $450\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $500\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $600\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $700\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $800\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $900\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $1,000\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ ,在以这些数值中的任何一个数值为上限的任何范围中,或者在由这些数值中的任何两个数值限定的任何范围中。在一些实施方式中,100mm距离内的传热系数可以是 $150\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $200\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $250\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $300\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $350\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $400\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $450\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $500\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $600\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $700\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $800\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $900\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 、 $1,000\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ ,在以这些数值中的任何一个数值为上限的

任何范围中,或者在由这些数值中的任何两个数值限定的任何范围中。

[0303] 由热管理装置提供给熔融玻璃流1002的强的冷却效应可根据熔融玻璃流1002的粘度来描述。在一些实施方式中,在熔融玻璃流1002的输送点与沿着由熔融玻璃流1002拉制出的玻璃带距离所述输送点10cm距离的位置之间,熔融玻璃流1002的粘度增加至少50倍。输送点可以是玻璃进料单元940的出口,例如成形主体的根部或狭缝孔的底部。在一些实施方式中,熔融玻璃流1002的粘度可以增加50、60、70、80、90、100、150、200倍,增加的倍数可以在以这些数值中的任何数值为上限的任何范围内,或在由这些数值中的任何两个数值限定的任何范围内。

[0304] 在一些实施方式中,支承单元1040被构造成在不接触熔融玻璃流1002的情况下,支承在第二方向上移动的熔融玻璃流1002。在该实施方式中,熔融玻璃流1002在与第一方向不同的第二方向上移动,并且支承单元1040包括气体轴承台,其与气体轴承单元1010相似,但是具有与熔融玻璃流1002相邻的平坦上表面1042。由此可形成轴承区以支承在第二方向上移动的熔融玻璃流1002,从而确保熔融玻璃流1002的第一主表面1003和第二主表面1004是原始的。在一些实施方式中,可以提供连接到支承单元1040的玻璃带拉制单元(未示出),以在第二方向上从熔融玻璃流1002拉制出玻璃带。玻璃带拉制单元可以以任何所需的速度拉制玻璃带,并且将玻璃带分离成离散的玻璃片。在一些实施方式中,玻璃带的厚度是至少0.5mm,例如0.5mm、1mm、1.5mm、2mm、2.5mm、3mm、3.5mm、4mm,在以这些数值中的任何数值为下限的任何范围内,或在由这些数值中的任何两个数值限定的任何范围内。

[0305] 在所有处理完成后,玻璃带的性质可受熔融玻璃流1002转到第二方向后的熔融玻璃流1002的温度分布影响。例如,当熔融玻璃流1002行进过支承单元1040的气体轴承台时,熔融玻璃流1002的温度分布可影响玻璃性质。在一些实施方式中,该温度分布可受各种构造的加热器影响。

[0306] 图13是另一种示例性玻璃成形设备1300的示意图。在该实施方式中,进料后的玻璃成形装置950包括气体轴承单元1310、对流冷却系统1320、隔热件1030和支承单元1340。相比于图10-12所示的气体轴承单元1010和对流冷却系统1020,在该实施方式中,气体轴承单元1310包括布置在熔融玻璃流1002的不同侧上的流体冷却剂通道1312和对流冷却系统1320。也就是说,气体轴承单元1310包括其上定位有出口狭缝的凹形侧,并且其中,在气体轴承单元1310的凹形侧与具有凸形形状的熔融玻璃流1002的第二主表面1004之间形成有轴承区。对流冷却系统1320包括其上定位有喷嘴的凸形侧,该凸形侧与具有凹形形状的熔融玻璃流1002的第一主表面1003相匹配。在一些实施方式中,可以在熔融玻璃流1002的两侧上布置两个气体轴承,并且可以在熔融玻璃流1002的第一主表面1003和第二主表面1004上各自形成两个轴承区。其中的一个气体轴承可以具有带位置调整的离散气体轴承垫。在该实施方式中,提供包含多个水平辊传送机的支承单元1340,以接收在第二方向上的熔融玻璃流1002。

[0307] 图14仍是另一种示例性玻璃成形设备1400的示意图。在该实施方式中,进料后的玻璃成形装置950包括气体轴承单元1010、对流冷却系统1020、隔热件1030和成某种形状的支承单元1440。在该实施方式中,成某种形状的支承单元1440可以用于接收在第二方向上的熔融玻璃流1002,并且形成成形的玻璃制品,该玻璃制品具有至少一个原始主表面。例如,支承单元1040的至少部分接收平面可以被一个或多个传送运载模具替换,从而可通过

真空下垂到所述模具中而形成成形的玻璃制品。

[0308] 图15例示了预测由玻璃进料单元940形成玻璃带的数值模型的图。该图代表从熔融玻璃流提取的热通量的强度。数值越高,提取的热越多。在该图中描述了三种冷却强度区域,包括冷却强度高的区域、冷却强度中等的区域和冷却强度低的区域。该图示出了由上述热管理装置提供的明显的冷却强度调节。

[0309] 图16示出了对应于由图10-14的玻璃成形设备1000、1300和1400所进行的方法的方法流程图。该方法可包括另外的步骤,或者可以包括比在另外的实例中例示的全部步骤更少的步骤。如图所示,该方法从步骤1610开始,所述步骤1610是供应熔融玻璃流。可以在第一方向上供应熔融玻璃流。在一些实施方式中,第一方向是垂直方向。在一些实施方式中,可以加热熔融玻璃流以保持熔融玻璃流的粘度足够地低,从而避免失透。如本文中所使用的,“失透”应理解成意为在非晶玻璃或熔融玻璃中有晶体成核。熔融玻璃流的至少一部分的粘度可以小于25,000泊,例如为50泊至10,000泊。如上所述,可由玻璃进料单元940供应熔融玻璃流。

[0310] 供应之后,在步骤1620,对熔融玻璃流进行重新定向。可以在不接触熔融玻璃流的情况下将熔融玻璃流重新定向到与第一方向不同的第二方向。在一些实施方式中,第二方向可以是水平方向。如上所述,可通过气体轴承单元1010、1310对熔融玻璃流进行重新定向。

[0311] 在重新定向到第二方向的同时,在步骤1630,降低熔融玻璃流的温度。在一些实施方式中,在熔融玻璃流的至少一侧上应用冷却设备,所述冷却设备在至少50mm的距离内的传热系数是至少 $150\text{W}/\text{m}^2\text{-K}$ 。例如,冷却设备可以包括选自下组的一种或多种热管理装置:气体轴承单元1010、1310中的流体冷却剂通道1012、1312;以及对流冷却系统1020、1320。隔热件1030虽然是热管理装置,但是与主动冷却熔融玻璃流不同的是,其防止隔热件下游的熔融玻璃受到加热,因此认为其不是冷却设备。在一些实施方式中,可以至少部分地通过在熔融玻璃流的第一主表面上形成气体膜(轴承区)来实现熔融玻璃流的冷却。如上所述,这也可以通过气体轴承单元1010、1310来实现。另外或者替代性地,可以至少部分地通过将强制对流施加到与第一主表面相对的熔融玻璃流的第二主表面来实现熔融玻璃流的冷却。如上所述,这可以通过对流冷却系统1020、1320来实现。另外或者替代性地,可以至少部分通过使用隔热件(例如隔热件1030)降低熔融玻璃流的温度来实现熔融玻璃流的冷却。

[0312] 在步骤1640,在第二方向上从熔融玻璃流拉制出玻璃带。在一些实施方式中,在拉制玻璃带之前,可以在不接触的情况下支承在第二方向上移动的熔融玻璃流,以形成具有两个原始主表面的玻璃带。如上所述,这可以通过支承单元1040来实现。在一些实施方式中,可以通过成某种形状的支承单元(例如成某种形状的支承单元640)来支承在第二方向上移动的熔融玻璃流,以形成具有至少一个原始主表面的成形玻璃带。在一些实施方式中,玻璃带的厚度是至少0.1mm,例如0.5mm、1mm、1.5mm、2mm、2.5mm、3mm、3.5mm、4mm,在以这些数值中的任一数值为下限的任何范围内,或在由这些数值中的任何两个数值限定的任何范围内。

[0313] 图17是示例性气体轴承装置1710的示意图。气体轴承装置1710可以是空气转向轴承,并且可以包括多个出口端口。出口端口的密度可以是至少8,000个端口/ $\text{m}^2$ 。在一些实施方式中,出口端口的密度是至少10,000个端口/ $\text{m}^2$ 。在一些实施方式中,气体膜1725支承玻

璃带1703而气体轴承装置1710不接触玻璃带1703。如图17所示,可以在玻璃进料方向1790上进料玻璃带1703,并且可以在玻璃拉制方向1795上拉制玻璃。玻璃进料方向1790可以不同于玻璃拉制方向1795。在一些实施方式中,玻璃进料方向1790可以是与玻璃拉制方向1795基本相同的方向。

[0314] 如图17所示,空气转向轴承装置1710允许在空气转向轴承装置1710不接触玻璃带1703的情况下,将玻璃带1703从第一方向重新定向到第二方向。在一些实施方式中,可以将玻璃带从基本垂直的方向重新定向到基本水平的方向。在一些实施方式中,空气转向轴承装置1710可以由合金制成。在一些实施方式中,所述合金是镍合金。

[0315] 图18是示例性气体轴承装置1810的示意图。气体轴承装置1810可以是空气台。气体轴承装置1810可以包括多个出口端口。出口端口的密度可以是至少8,000个端口/m<sup>2</sup>。在一些实施方式中,出口端口的密度是至少10,000个端口/m<sup>2</sup>。在一些实施方式中,气体膜1825支承玻璃带1803而气体轴承装置1810不接触玻璃带1803。

[0316] 在一些实施方式中,气体轴承装置1810可以是水平平面。应理解,水平平面包括基本水平的平面。在一些实施方式中,气体轴承装置1810可以成角度或是倾斜的。在一些实施方式中,气体轴承装置1810支承玻璃带1803,同时,将玻璃带在传送方向1895上从一个位置传送到另一个位置。例如,气体轴承装置1810可以支承玻璃带,同时,将玻璃带从成形区域传送到辊传送区域。

[0317] 图19A和19B示出了示例性气体轴承装置1910的示意图。气体轴承装置1910可以是蓄积器。气体轴承装置1910可以包括多个出口端口。出口端口的密度可以是至少8,000个端口/m<sup>2</sup>。在一些实施方式中,出口端口的密度是至少10,000个端口/m<sup>2</sup>。在一些实施方式中,玻璃流1903蓄积形成玻璃体积1904。在一些实施方式中,气体膜1925支承玻璃体积1904而气体轴承装置1910与玻璃体积1904之间不接触。蓄积器可以包括气体轴承装置1910的第一部分1911和气体轴承装置1910的第二部分1912。在一些实施方式中,气体轴承装置1910的第一部分1911和第二部分1912分离以允许玻璃体积1904落到模具1950中,从而对该玻璃体积1904进行模制。

[0318] 图20a和20b示出了示例性气体轴承装置2010的示意图。气体轴承装置2010可以是气体轴承模具。气体轴承装置2010可以是塌落模具。在一些实施方式中,玻璃片2003位于气体轴承装置2010的上方。气体轴承装置2010可以包括多个出口端口。出口端口的密度可以是至少8,000个端口/m<sup>2</sup>。在一些实施方式中,出口端口的密度是至少10,000个端口/m<sup>2</sup>。在一些实施方式中,气体膜2025支承玻璃片2003而气体轴承装置2010与玻璃片2003之间不接触。在一些实施方式中,当玻璃片2003位于气体轴承装置2010的上方时,重力使玻璃片2003塌落。在一些实施方式中,气体膜2025支承玻璃片2003不触碰气体轴承装置2010。图20a示出了塌落之前的玻璃片2003。图20b示出了塌落之后的玻璃片2003。

[0319] 在一些实施方式中,玻璃成形设备可包括一个或多个气体轴承装置,包括气体轴承装置1710、1810、1910或2010的任意组合。

[0320] 图21和22示出了包含支承表面2150的示例性气体轴承装置2110的示意图。支承表面可以具有设置在支承表面2150中的多个出口端口2151。气体轴承装置2110可以包括一个或多个冷却回路2153和一个或多个气体通道2154。气体轴承装置2110可以包含歧管2155。气体轴承装置2110可以包含气体进口2160。图21和22示出了与气体轴承装置1710相似的一

种示例性气体轴承装置。应理解,图21和22所示的构造可以适用于气体轴承装置1710、1810、1910和2010中的任一种。支承表面2150可以具有平坦形状、凹形形状或凸形形状。例如,如图18所示,气体轴承1810具有平坦形状。又例如,如图19A-20B所示,气体轴承1910和2010具有凹形形状。又例如,如图21和22所示,表面2150具有凸形形状。

[0321] 图23示出了示例性气体轴承装置2110的另一视图。气体轴承装置2110可以包括多个计量管2152。在一些实施方式中,出口端口2151供有通过计量管2152的气体。每个计量管2152将气体馈送给至少一个出口端口2151。在一些实施方式中,每个计量管与至少两个出口端口连接。在一些实施方式中,每个计量管与四个出口端口连接。

[0322] 出口端口可以分布在某节距内,所述节距应理解为相邻出口端口2151的中心到中心的距离。在一些实施方式中,节距最多是3毫米。出口端口可以具有均匀的尺寸和间距。如本文中所使用的,“均匀的”尺寸和间距应理解为包含与制造相关的差异,例如 $\pm 5\%$ 。

[0323] 图24示出了示例性气体轴承装置2110的另一视图。如图24所示,气体轴承装置2110包含外覆盖物2165。图25示出了气体轴承装置2110在平面2190中的截面图。

[0324] 图26-29示出了一种示例性蓄积器2610的各种角。蓄积器2610可以包括支承表面2650、出口端口2651、计量管2652、冷却回路2653和气体进口2660。图26示出了蓄积器2610的四分之一切割件。

[0325] 图30示出了通过一种示例性气体轴承装置的气流的示意图。玻璃3003可以由气体膜3025支承。如图所示,为了形成气体膜3025,气体从气体通道3054流到计量管3052,再流到出口端口3057。任选地,如图30所示,气体可以通过通气端口3055而流动离开气体膜。

[0326] 图31示出了包含支承表面3150的一种示例性塌落模具3110。图32示出了支承表面3250,其包含出口端口3251和多个通气端口3255。通气端口3255在支承表面3250上分布。在一些实施方式中,通气端口提供允许气体从气体膜逸出的端口阵列。当支承相当大尺寸的制品时,这可以是有意义的,支承大尺寸制品可导致“气泡效应”。如果仅存在供应气体的出口端口而不存在通气端口,则气体仅可从侧面逸出。对于较大的制品,在不存在通气端口时,这种有限的气体逸出选择可造成一些问题。例如,在一些实施方式中,气体从气体通道流到计量端口,然后从计量端口流到出口端口。在一些实施方式中,气体可以通过通气端口而流动离开气体膜。

[0327] 图33-34更详细地示出了通气端口。在一些实施方式中,出口端口的密度是至少8,000个出口端口/平方米( $m^2$ )。在一些实施方式中,出口端口的密度是至少10,000个出口端口/ $m^2$ 。在一些实施方式中,通气端口的密度小于出口端口3251的密度。在一些实施方式中,将通气端口设置在气体轴承装置的支承表面中,以使气体从支承表面与玻璃之间的气体膜逸出。在一些实施方式中,通气端口允许气体在支承表面内部处以及在支承表面边缘处逸出。应理解,图30-34所示的通气端口和出口端口构造可以适用于气体轴承装置1710、1810、1910、2010和2110中的任一种。

[0328] 图33示出了另一种示例性气体轴承装置3310,其可以是塌落模具。气体轴承装置3310可以包含气体进口3360。在一些实施方式中,气体轴承装置3310可以包括出口端口3351。在一些实施方式中,气体轴承装置3310可以包括通气端口3355。气体通道3354为气体从气体进口3360到出口端口3351提供路径。

[0329] 图34示出了气体轴承装置3410的支承表面3450的另一视图。气体轴承装置3410包

括多个出口端口3451和多个通气端口3455。

[0330] 图35示出了用于支承软化玻璃的方法的方法流程图。如图所示,所述方法从步骤3500开始,所述步骤3500是:将玻璃放置在具有支承表面的气体轴承装置附近。在一些实施方式中,气体轴承装置可以是图17-34所示的气体轴承装置中的一种或多种。在放置玻璃的步骤之后,在步骤3510,通过气体轴承装置的出口端口喷射气体,以通过气体膜来支承玻璃而使玻璃与支承表面之间不接触。

[0331] 在一些实施方式中,在将玻璃供料到气体轴承装置附近后,使驱动传送器接收连续的玻璃流。如本文中所使用的,“驱动传送器”可以是被构造成通过与玻璃带物理接触而使玻璃带移动的任何机构。驱动传送器的实例包括传送带以及辊受到驱动的辊台。

[0332] 在步骤3510之后,在步骤3520中,通过使控制温度的热流体循环通过气体轴承中的温度控制通道,任选地控制气体轴承装置的温度。

[0333] 在步骤3520之后,在步骤3530中,可以将气体从气体源输送到气体轴承装置,然后通过出口端口喷射出气体。在一些实施方式中,在气体到达气体轴承装置之前先对气体进行预热。

[0334] 支承结构和空气台

[0335] 如上所述,可以对玻璃进行成形以用于各种应用,这些应用可能需要各种处理步骤以形成适合所述应用的玻璃。支承结构允许通过使用模块化装置来改变玻璃成形装置的构造。可以基于具体的应用,根据需要来增加或移除模块化装置。

[0336] 与支承结构相似,空气台通过使用空气台模块而同样允许构造发生改变。空气台还可从操作位置回缩到回缩位置,这可提高在空气台上和周围工作的人员的安全性。由于空气台的模块化结构,因此空气台可包含模块的任意组合,所述组合可包括气体轴承、驱动传送器及更多。

[0337] 使支承结构模块化装置和空气台模块的构造改变的能力能够生产光滑的玻璃,以及具有有效控制玻璃的热分布的能力。当玻璃移动通过空气台或支承结构下方时,玻璃可以经历从熔融状态到刚性或弹性状态的连续转变。随着玻璃的转变,可通过移动、增加或移除模块以符合特定的工艺要求来有效地控制玻璃的物理特性和玻璃的热分布。

[0338] 图36示出了处于操作位置中的示例性支承结构3600。在一些实施方式中,支承结构包括直立构件3610、臂构件3620和多个模块化装置3630。在一些实施方式中,模块化装置3630包括热辐射防护件3640,其可以保护其他结构和机构免于因熔融玻璃流引起的加热。在一些实施方式中,将支承结构3600放置在空气台3650附近。在一些实施方式中,臂构件3620可在垂直方向上移动。在一些实施方式中,可利用动力升降机使臂构件3620在上部位置与下部位置之间移动。在一些实施方式中,空气台3650可以包括空气台底架3652。空气台3650可以包括多个空气台模块3660。可以将空气台模块3660设置在空气台底架3652上。在一些实施方式中,空气台模块3660的宽度与模块化装置3630的宽度相同。在一些实施方式中,各空气台模块3660各自的宽度与模块化装置3630的宽度不同。在一些实施方式中,所有的空气台模块具有相同宽度。在一些实施方式中,空气台模块具有不同宽度。图37示出了处于回缩位置的空气台3650。

[0339] 在一些实施方式中,在将玻璃放置在支承结构3600和空气台3650附近之前,使用气体轴承来使玻璃移动或转向。在一些实施方式中,气体轴承是用于将玻璃从垂直转到水

平的经3D打印、水冷却的金属气体轴承。

[0340] 在一些实施方式中,模块化装置中的至少一个是热管理装置。直接接触玻璃或靠近玻璃的任何物质都会具有热影响并且可以作为热管理装置。在一些实施方式中,热管理装置包括辊、水冷却的石墨气体轴承或水冷却的驱动辊。图38示出了示例性支承结构3600的另一视图。支承结构3600可以包括气动升降机3612。臂构件3620可以通过气动升降机3612来升高和降低。如图38所示,臂构件3620基本上垂直于直立构件3610。

[0341] 图39示出了处于操作位置的一种示例性空气台3650的另一视图。在一些实施方式中,空气台3650包括空气台模块3920。

[0342] 图40示出了示例性空气台模块4020。在一些实施方式中,空气台模块4020是具有合金气体轴承插入件的模块。在一些实施方式中,所述合金是因科镍合金。“因科镍合金”是指奥氏体镍-铬基超合金。图41示出了示例性空气台模块4120。空气台模块4120可以包含石墨气体轴承模块。图42示出了示例性空气台模块4220。空气台模块4220可以包含辊阵列模块。图43示出了示例性空气台模块4320。空气台模块4320可以包含合金气体轴承插入件4321和辊组件4322。在一些实施方式中,辊组件4322是动力平坦化辊组件。

[0343] 在一些实施方式中,空气台模块4020包括气体轴承组件4010。气体轴承组件4010包括多个气体轴承4040。气体轴承4040一起形成气体轴承组件4010。面向玻璃片的气体轴承4040的表面4041一起形成主表面4048。在一些实施方式中,每个气体轴承4040包括与气体源流体连通的多个出口端口、孔、或其组合。气体轴承4040可以包含狭缝4050。图5A-8更详细地示出了气体轴承4040的结构。在一些实施方式中,气体轴承组件4010包括支承框架4070。在一些实施方式中,气体轴承4040附接于支承框架4070。支承框架4070可以包括内部冷却通道,其冷却支承框架4070以防止翘曲。在一些实施方式中,在气体轴承组件4010的上方设置第二气体轴承组件。在一些实施方式中,如关于图53所述,设置在气体轴承组件4010上方的第二气体轴承组件可以用于使玻璃平坦化。

[0344] 在处理期间,粘性玻璃流由气体轴承组件4010支承。粘性玻璃的粘度(及因此的温度)是应进行选择以获得所需玻璃性质的工艺参数。气体轴承组件4010紧邻粘性玻璃,并且主表面4048处的温度一般应接近粘性玻璃的温度。获得期望粘度所需的温度取决于具体的玻璃,但通常足够地高而导致气体轴承组件4010发生某种翘曲。在具有两个气体轴承组件并且主表面被间隙分开的实施方式中,这种翘曲可导致不均匀的间隙尺寸,并且在不具有这种间隙的实施方式中,这种翘曲可导致偏离主表面4048的所需形状。

[0345] 翘曲引起的绝对位移根据温度和零件尺寸而变化——在较大的零件上,位移变得更加明显并且产生更大的绝对位移。因此,如果气体轴承组件4010是单个大的气体轴承,或者几个大的气体轴承,则翘曲可能造成主表面4048发生不可接受的大位移,尤其是在边缘处。但是,通过使用多个具有较小表面4041的较小的气体轴承4040,并且这些较小表面4041一起形成主表面4048,则由于翘曲导致的气体轴承4040的每个单独表面的位移显著小于如果主表面4048是单个物理连续的气体轴承的表面将发生的位移。

[0346] 图40所示的构造包括多个较小的气体轴承4040,其附接于支承框架4070并且由支承框架4070支承。气体轴承4040的相对较小的尺寸减轻了翘曲对单个气体轴承的影响,在一些实施方式中,支承框架4070将气体轴承4040保持在适当位置。支承框架4070较大,如果加热可能经受显著的翘曲。但是,由于支承框架4070比气体轴承4040的表面离粘性玻璃更

远,因此,支承框架4070不受与气体轴承4040相同的温度限制——支承框架4070的温度可以与粘性玻璃的温度显著不同。并且,支承框架4070无需具有孔或气体端口,这使得支承框架4070相对于气体轴承4040具有更大的设计可能性范围。在一些实施方式中,支承框架4070还可以包括内部冷却通道,其将支承框架4070的温度保持在合适的温度以防止或最大程度地减少翘曲,即使当气体轴承4040处于适于处理熔融玻璃的温度时也如此。在一些实施方式中,由于其他因素,例如支承框架4070的辐射冷却和/或优异的结构完整性,可以不需要这种冷却通道。

[0347] 在一些实施方式中,所述多个模块化装置可以包括以下中的任意一种或多种:加热器、反射面板、辊组件、空气刀、气体轴承、辊定位组件或者驱动辊。图44示出了一种示例性模块化装置4740。模块化装置4740可以包括平板加热器4450。图45示出了一种示例性模块化装置4540。模块化装置4540可以包括被动反射器面板4550。图46示出了一种示例性模块化装置4640。模块化装置4640可以包括平坦化辊组件4650。图47示出了一种示例性模块化装置4740。模块化装置4740可以包括边缘加热器和空气刀组件4750。图48示出了一种示例性模块化装置4840。模块化装置4840可以包括水冷却的石墨气体轴承4850。图49示出了一种示例性模块化装置4940。模块化装置4940可以包括水冷却的驱动辊4950。

[0348] 图50示出了示例性支承结构5000和示例性空气台5050。支承结构5000可以包括多个模块化装置5030。空气台5050可以包括多个空气台模块5060。每个模块化装置5030可以包括图44-49所示的模块化装置中的任一种。每个空气台模块5060可以包括图40-43所示的模块化装置中的任一种。在一些实施方式中,空气台模块5060可以包括气体轴承,例如图17-20B所示的气体轴承。在一些实施方式中,每个模块化装置5030可独立移动。在一些实施方式中,每个模块化装置5030可沿着水平轴和/或垂直轴移动。在一些实施方式中,可从支承结构拆卸每个模块化装置5030。

[0349] 图51示出了支承结构5000的另一视图。在一些实施方式中,支承结构5000包括直立构件5010和臂构件5020。在一些实施方式中,臂构件5020包括基本水平的两个基本平行的臂。在一些实施方式中,模块化装置5030可沿着臂构件5020在水平方向上移动。在一些实施方式中,模块化装置5030可沿着轨道5035在垂直方向上移动。

#### [0350] 玻璃平坦化

[0351] 在一些实施方式中,当玻璃片处于弹性或粘弹性状态时,对玻璃片进行平坦化,以使玻璃片没有显著的翘曲。单侧气体轴承组件或者不抽真空的气体轴承可以为玻璃片提供有效的非接触式支承或运输;然而,这些气体轴承组件使玻璃片平坦化的能力受到玻璃片的低重量限制,使得有助于平坦的驱动力可能很弱。

[0352] 在一些实施方式中,双侧气体轴承组件或者同时抽真空的单侧气体轴承组件允许粘弹性或粘性玻璃片达到高水平的平坦度。在一些实施方式中,通过对处于粘性条件或处于粘弹性范围的玻璃片应用足够时间的热机械处理,以对所考虑的玻璃带的形状具有不可逆的影响来使玻璃平坦化。

[0353] 在一些实施方式中,使用双侧气体轴承组件(例如图52和53所示的气体轴承组件)来使玻璃片平坦化。所述双侧气体轴承组件具有上气体轴承和下气体轴承,并且玻璃片流动通过在玻璃片下方的所设置的之间的间隙。气体轴承组件向玻璃片施加来自上气体轴承和下气体轴承的压力,这些压力在玻璃带与双侧气体轴承之间无任何物理接触的情况下将

玻璃片推向高水平的平坦度。

[0354] 在双侧气体轴承系统中,可使流动的玻璃片经受远高于支撑其重量所需压力的压力。利用所施加的压力,玻璃片能够在上气体轴承组件与下气体轴承组件之间达到压力平衡,并且翘曲的形状将受到有助于具有完美平坦度的压力。

[0355] 在一些实施方式中,使用单侧气体轴承组件(例如图54A和54B所示的气体轴承组件)来使玻璃片平坦化。所述单侧气体轴承组件同时包括气体馈送通道和驱动排气系统。气体馈送通道提供向玻璃片施加正压的气体。驱动排气系统通过施加低于大气压的压力而提供真空效应。同时施加正压和低于大气压的压力使气体轴承系统成为强自调间隙系统,并且压力驱使朝向具有完美平坦度。

[0356] 在要求高平坦度的应用中,具有不均匀表面的翘曲玻璃片可以得益于平坦化。在一些实施方式中,当翘曲的玻璃片通过或穿过气体轴承组件时,玻璃片将经受一定的压力,该压力将强烈地驱使朝向具有恒定的间隙。随着向玻璃片施加压力,玻璃片与气体轴承表面之间的气体膜达到平衡。平衡时,在玻璃片与气体轴承组件表面之间形成了平衡间隙。该平衡间隙是玻璃片与气体轴承表面之间的距离。在一些实施方式中,平衡间隙是25 $\mu\text{m}$ 、50 $\mu\text{m}$ 、100 $\mu\text{m}$ 、250 $\mu\text{m}$ 、500 $\mu\text{m}$ 或750 $\mu\text{m}$ ,或者是这些端点中的任意两个限定的任意范围。在一些实施方式中,平衡间隙是50 $\mu\text{m}$ 至500 $\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中,平衡间隙是75 $\mu\text{m}$ 至250 $\mu\text{m}$ 。

[0357] 在一些实施方式中,所述双侧或单侧气体轴承组件在玻璃片的宽度上向玻璃提供均匀的传热。

[0358] 双侧及单侧气体轴承组件的平坦化能力使得能够制造具有高平坦度和极低翘曲的薄玻璃片。利用双侧或单侧气体轴承组件制造的玻璃片在达到高平坦度之前需要最小限度的精整或处理。

[0359] 在一些实施方式中,双侧和单侧气体轴承组件处理连续的玻璃片或玻璃带。在一些实施方式中,双侧和单侧气体轴承组件处理离散的各片薄玻璃片或薄玻璃片各部分。在一些实施方式中,双侧和单侧气体轴承组件在不接触玻璃的情况下使粘性或粘弹性状态的玻璃平坦化。

[0360] 例如,如果玻璃片进入气体轴承组件,并且玻璃片与气体轴承表面之间的间隙大于平衡间隙,则施加于玻璃片的力将玻璃片向着平衡间隙推动,因而使玻璃片平坦化。如果部分的玻璃片处于平衡间隙而部分未处于平衡间隙,则未处于平衡间隙的部分将经历有助于平坦的驱动力。

[0361] 将玻璃片暴露于气体轴承组件足够的时间,该时间确保玻璃片具有松弛应力,从而使玻璃片的平坦化形状是永久性的。影响该时间的因素包括玻璃厚度、玻璃移动通过气体轴承组件的速度、进入的玻璃的温度和粘度、气体轴承组件的长度以及气体轴承组件的热设置,例如组件温度、气体温度以及所需的平衡间隙。

[0362] 在一些实施方式中,双侧气体轴承组件具有对称的平衡间隙。在一些实施方式中,平衡间隙是90至120 $\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中,平衡间隙是约105 $\mu\text{m}$ 。例如并且如图55所示,当平衡间隙是105 $\mu\text{m}$ 时,气体压力与玻璃重量的比值是约27。另外,如图56所示,如果玻璃片进入气体轴承组件,并且一些部分具有100 $\mu\text{m}$ 的间隙而一些部分具有110 $\mu\text{m}$ 的间隙,则如图56所示,玻璃带将分别经受其自身重量的约31倍和24倍的压力。在这种情况下,10 $\mu\text{m}$ 的形状偏离导致有助于平衡间隙的力是玻璃片重量的7倍。

[0363] 在一些实施方式中,可对双侧气体轴承组件进行设置以具有恒定的平衡间隙。在一些实施方式中,平衡间隙是可调的。在一些实施方式中,上气体轴承组件是固定的,而下气体轴承组件是可调的,以使其向系统施加恒定的力。在一些实施方式中,下气体轴承组件是固定的,而上气体轴承组件是可调的,以使其向系统施加恒定的力。

[0364] 在一些实施方式中,下气体轴承组件是固定的。在一些实施方式中,上气体轴承组件是固定的。在一些实施方式中,上气体轴承组件可相对于下气体轴承组件移动。这种移动可以是使平衡间隙增加或减小的气体压力发生改变所致,或者通过机械操作来进行。

[0365] 在一些实施方式中,上气体轴承组件是第一气体轴承组件,而下气体轴承组件是第二气体轴承组件。在一些实施方式中,下气体轴承组件是第一气体轴承组件,而上气体轴承组件是第二气体轴承组件。

[0366] 在一些实施方式中,单侧气体轴承组件可通过对单侧气体轴承组件的出口施加能够建立平坦化力的100Pa负压来建立平坦化力。例如,75 $\mu\text{m}$ 的翘曲导致间隙减少力是玻璃重量的约2倍。

[0367] 在一些实施方式中,气体轴承组件由多孔材料(例如石墨)制成。在一些实施方式中,单侧气体轴承组件具有主表面,并且在主表面中设置有离散的气体通道。在一些实施方式中,双侧和单侧气体轴承组件还可包括用于提供受控的气体供应、用于管理出口以及用于对系统进行热控制的装置。例如,气体轴承系统可以受控的方式提供玻璃片的冷却,或者提供主动加热以避免温度改变。

[0368] 图52示出了示范性气体轴承装置5210。在一些实施方式中,气体轴承装置5210包括下气体轴承5211和上气体轴承5212。在一些实施方式中,气体轴承装置5210在不接触的情况下使玻璃片5203平坦化。在一些实施方式中,玻璃片5203在下气体轴承5211与上气体轴承5212之间移动。在一些实施方式中,玻璃片5203在下气体轴承5211与上气体轴承5212之间移动而气体轴承与玻璃片5203之间不接触。下气体轴承5211在箭头5227指示的方向上向玻璃片5203施加气体压力。上气体轴承5212在箭头5228指示的方向上向玻璃片5203施加气体压力。

[0369] 在两个空气轴承之间存在间隙的一些实施方式中,例如在下气体轴承5211与上气体轴承5212之间存在间隙的实施方式中,所述间隙可以通过支承结构机械固定。并且,在一些实施方式中,间隙可以是可变的,且是根据空气压力变化的。例如,上气体轴承5212可以由气体膜5226支承,使得气体膜5226的尺寸取决于气体压力以及上气体轴承5212的重量。上气体轴承5212可以由气体膜5226支承,同时部分地由其他一些物质支承,例如为气体膜5226提供空气的软管,或者弹簧组件。

[0370] 图53示出了示范性气体轴承装置5310。在一些实施方式中,气体轴承组件5310包括下气体轴承组件5311和上气体轴承组件5312。在一些实施方式中,上气体轴承组件5312和下气体轴承组件5311各自具有主表面。在一些实施方式中,气体轴承组件5310在不接触的情况下使玻璃片5303平坦化。在一些实施方式中,玻璃片5303在下气体轴承组件5311与上气体轴承组件5312之间移动。在一些实施方式中,玻璃片5303在下气体轴承组件5311的主表面与上气体轴承组件5312的主表面之间移动而各气体轴承主表面与玻璃片5303之间不接触。在一些实施方式中,在下气体轴承组件5311与玻璃片5303之间形成有第一气体膜5325,在上气体轴承组件5312与玻璃片5303之间形成有第二气体膜5326。在一些实施方式

中,表面5320包括多个气体轴承,例如图5A中的多个气体轴承140。在一些实施方式中,气体轴承组件5320由多孔石墨制成。在一些实施方式中,气体通过多个气体进口孔5360被馈送到气体轴承组件5310。

[0371] 图54A示出了示例性气体轴承组件5411的顶视图。图54B示出了示例性气体轴承组件5411的前视图。在一些实施方式中,气体轴承组件5411是双侧气体轴承装置中的下气体轴承。在一些实施方式中,气体轴承组件5411是双侧气体轴承装置中的上气体轴承。在一些实施方式中,气体轴承组件5411是单侧气体轴承装置。气体轴承组件5411具有多个进口通道5460。在一些实施方式中,气体轴承组件5411具有多个通气通道5465。在一些实施方式中,气体在箭头5475所示的方向上通过多个进口通道5460被馈送到气体轴承组件5411。

[0372] 图55示出了示例性气体轴承组件5510。在一些实施方式中,气体轴承组件5510在不接触的情况下使玻璃片5503平坦化。在一些实施方式中,气体轴承组件5510形成气体膜5525。在一些实施方式中,气体轴承组件5510在箭头5527指示的方向上将气体正压施加在玻璃片5503上,并且在箭头5528指示的方向上对玻璃片5503抽真空。在一些实施方式中,气体轴承组件5510通过在气体膜5525中建立压力平衡来使玻璃片5503平坦化。

[0373] 图56示出了双侧气体轴承组件的平坦化驱动力力的一个实例。图56在y轴上示出了膜压力与玻璃重量的比值,在x轴上示出了平衡间隙的尺寸,单位为 $\mu\text{m}$ 。作为一个实例,对厚度为1mm的玻璃进行平坦化。通过气体轴承,对每平方米的玻璃以 $0.01\text{m}^3/\text{秒}$ 的流量来馈送气体。上气体轴承组件施加650Pa的载荷,并且对称的平衡间隙为 $105\mu\text{m}$ 。在一些实施方式中,上气体轴承组件仅利用其自身重量来施加载荷。在一些实施方式中,上气体轴承组件利用机械系统来施加载荷。

[0374] 气体轴承的冷却

[0375] 在一些实施方式中,上述任何的气体轴承装置或组件可以包括冷却通道,所述冷却通道可以有助于维持整个气体轴承装置的温度均匀性。气体轴承装置可以包括冷却通道,其被构造成运载从其中通过的冷却流体。例如,冷却通道可以嵌入气体轴承装置的壁内。在一些实施方式中,冷却通道可以与相应壁的表面接触。气体轴承装置的冷却可以特别有益于防止由于气体轴承接近来自于高温下对玻璃基材进行传送、平坦化或处理的热量和/或热管理装置是加热元件时这些热管理装置的热效应而导致的气体轴承的变形。

[0376] 在一些实施方式中,冷却流体可以包含水,并且还可以包含添加剂,例如选择用于防止气体轴承装置的部件腐蚀或者利用流体来增强导热性和热移除的添加剂,例如乙二醇、二甘醇、丙二醇及其混合物,但是在另外的实施方式中,在冷却流体中可以不存在水。例如,冷却流体可以全部是乙二醇、二甘醇、丙二醇及其混合物,或者是能够冷却气体轴承装置的其他流体。在一些实施方式中,冷却流体可以是气体,例如空气,但是在另外的实施方式中,加压气体可以主要是其他气体,或气体混合物,包括但不限于氮气、氦气和/或氩气或其混合物。气体轴承装置可以包含金属组分,包括钴铬合金或镍合金,如因科镍合金718或因科镍合金625。在一些实施方式中,气体轴承装置可以包含陶瓷材料,例如氧化铝或氧化锆,或者在其他实施方式中,可以包含石墨。可以例如基于材料的热导率对构成气体轴承装置的材料进行选择,并且可以包含不同材料的混合物。

[0377] 虽然本文已经描述了各个实施方式,但是这些实施方式仅作为示例而非限制来提供。应该显而易见的是,基于本文所列出的教导和指导,一些修改和改良旨在落入所公开的

实施方式的等同形式的含义和范围内。本领域技术人员应理解的是,本文给出的实施方式中的要素不一定是互相排斥的,而是可以互换以满足各种情况。

[0378] 本文参考附图中例示的本公开的实施方式详细描述本公开的实施方式,在附图中,相同的附图标记用于表示相同或功能相似的要素。提到的“一个实施方式”、“一种实施方式”、“一些实施方式”、“在某些实施方式中”等表示所描述的实施方式可以包括特定的特征、结构或特性,但是每个实施方式可以不必包括特定的特征、结构或特性。而且,这样的短语不一定指相同的实施方式。此外,当结合实施方式描述特定特征、结构或特性时,认为结合其他实施方式影响这种特征、结构或特性是在本领域技术人员的知识范围内的,无论是否明确描述。

[0379] 如本文所用,术语“约”指量、尺寸、公式、参数和其他数量和特征不是精确的且无需精确的,但可按照要求是大致的和/或更大或者更小,如反射公差、转化因子、四舍五入、测量误差等,以及本领域技术人员所知的其他因子。

[0380] 当使用术语“约”来描述范围的值或端点时,应理解本公开包括所参考的具体值或者端点。无论说明书中的范围的数值或端点是否使用“约”列举,范围的数值或端点旨在包括两种实施方式:一种用“约”修饰,另一种未用“约”修饰。

[0381] 本文中,范围可以表示为从“约”一个具体值开始和/或至“约”另一个具体值终止。当表述这样的范围时,另一个实施方式包括自所述一个具体数值始和/或至所述另一具体数值止。类似地,当用先行词“约”将数值表示为近似值时,应理解具体数值构成了另一个实施方式。还应理解的是,每个范围的端点值在与另一个端点值相关以及独立于另一个端点值的情况下都是有意义的。

[0382] 本文所用的方向术语——例如上、下、左、右、前、后、顶、底——仅仅是参照绘制的附图而言,并不用来暗示绝对的取向。

[0383] 除非另有明确说明,否则本文所述的任何方法不应理解为其步骤需要按具体顺序进行,或者对于任何装置,需要具体的取向。因此,如果方法权利要求没有实际叙述其步骤要遵循的顺序,或者任何设备权利要求没有实际叙述各组件的顺序或取向,或者权利要求书或说明书中没有另外具体陈述步骤限于具体顺序,或者没有叙述设备组件的具体顺序或取向,那么在任何方面都不应推断顺序或取向。这适用于解释上的任何可能的非表达性基础,包括:涉及步骤安排的逻辑问题、操作流程、组件的顺序或组件的取向问题;由语法组织或标点派生的明显含义问题和说明书中描述的实施方式的数量或类型问题。

[0384] 除非上下文另外清楚地说明,否则,本文所用的单数形式“一个”、“一种”以及“该/所述”包括复数指代。因此,例如,提到的“一种”部件包括具有两种或更多种这类部件的实施方式,除非文本中有另外的明确表示。

[0385] 如本文中所使用的,互补特征是彼此成镜像且能够彼此接合的特征。例如,如果适当地调整凸表面和凹表面的尺寸,以使一个表面配合另一个表面,并且在其中的至少一个表面上是几乎完全接触的,则该凸表面和凹表面可以是互补的(例如球窝接头)。包含锐角的表面可以与包含钝角——该钝角等于180度减去所述锐角——的另一表面互补(例如,具有两个平行的相对主表面的板,当相对于平行表面以某角度切割时将得到互补的切割表面)。本领域技术人员根据前述指导能够充分理解互补的含义。

[0386] 对本领域的技术人员而言显而易见的是,可以在不偏离本公开内容的精神和范围

的前提下对本公开的实施方式各种修改和变动。因此,本公开旨在覆盖这些修改和变动,只要这些修改和变动在所附权利要求和其等同内容的范围之内。

[0387] 本文所用的术语“玻璃基材”、“玻璃带”和“玻璃片”可互换使用。例如,用于支承玻璃基材的气体轴承也可以用于支承玻璃带或玻璃片。

[0388] 本文所用的术语“排气端口”、“离散端口”和“出口端口”可互换使用。例如,出口端口也可以是排气端口或离散端口。

[0389] 本文所用的术语“粘性玻璃”或“熔融玻璃”可以意为粘度在50至 $10^{13}$ 泊范围内的玻璃。“熔融玻璃”的粘度足够地低,使得其可作为流体流动通过本文所述的玻璃处理设备及相似设备。“粘性玻璃”的粘度足够地低,使得其可以易于永久变形。在本文中,粘性玻璃也可以被称为“软化”玻璃。

[0390] 如本文所用,术语“或”是包含性的;更具体来说,短语“A或B”意为“A、B或者既有A又有B”。排他性的“或”例如在本文中通过术语如“A或B中的任一种”和“A或B中的一种”来表示。除非在特定的情况中另有说明,否则描述元件或部件的不定冠词“一个”和“一种”及定冠词“所述/该”意为存在这些元件或部件中的一种或至少一种。

[0391] 如本文中所使用的,术语“由气体膜支承”意为所支承的物体至少部分地由气体膜支承。例如,如果玻璃带通过非接触式气体轴承,其中气体膜施加力以支承玻璃带,则该玻璃带“由气体膜支承”,即使玻璃带随后被供料到辊上,并且该辊是接触玻璃带的也如此。并且,气体轴承可以“由气体膜支承”。

[0392] 如果本文中列出包含上限值和下限值的数值范围,则除非在特定情形下另外指出,否则该范围旨在包括范围的端点以及该范围之内所有整数和分数。权利要求的范围并不限于定义范围时所列举的具体值。另外,当数量、浓度或其他数值或参数以范围、一个或多个优选范围或优选上限值和优选下限值的列表的形式给出时,这应当被理解为明确公开了由任何范围上限或优选值与任何范围下限或优选值的任何配对形成的所有范围,而无论这些配对是否被单独公开。

[0393] 如本文中所使用的,术语“玻璃”意为包含至少部分由玻璃制成的任何材料,包括玻璃和玻璃陶瓷。

[0394] 术语“其中”作为开放性的连接词使用,以介绍结构的一系列特征的列举。

[0395] 如本文中所使用的,当术语“周围”用于描述玻璃相对于气体轴承移动时,其意为包括“周围”、“通过”、“上方”、“下方”或“附近”。

[0396] 如本文所用,“包含”是开放性的连接词。跟在转接语“包含”后面的要素列表是非排他性列表,使得还可以存在除列表中明确列举的那些之外的要素。

[0397] 上文已经借助于例示了特定功能及其关系的实施方式的功能构建块来描述了本公开。为了便于描述,本文中任意定义了这些功能构建块的边界。可以定义替代边界,只要适当地执行指定的功能及其关系即可。

[0398] 以上具体的实施方式的描述完全揭示了本公开的一般性质,通过应用本领域技术人员所理解的知识,无需过多实验即能容易地在不背离本公开总体理念的前提下就各种应用改良和/或修改这些具体的实施方式。因此,基于本文所列出的教导和指导,这些修改和改良旨在落入所公开实施方式的等同形式的含义和范围内。应当理解本文中的措词和术语仅仅是描述性的而非限制性的,从而本说明书中的术语或措词可由本领域技术人员根据所

述教导和指导解读。

[0399] 本公开的广度和范围不应受限于上述任何示例性实施方式,而应仅根据所附权利要求书及其等同内容来定义。

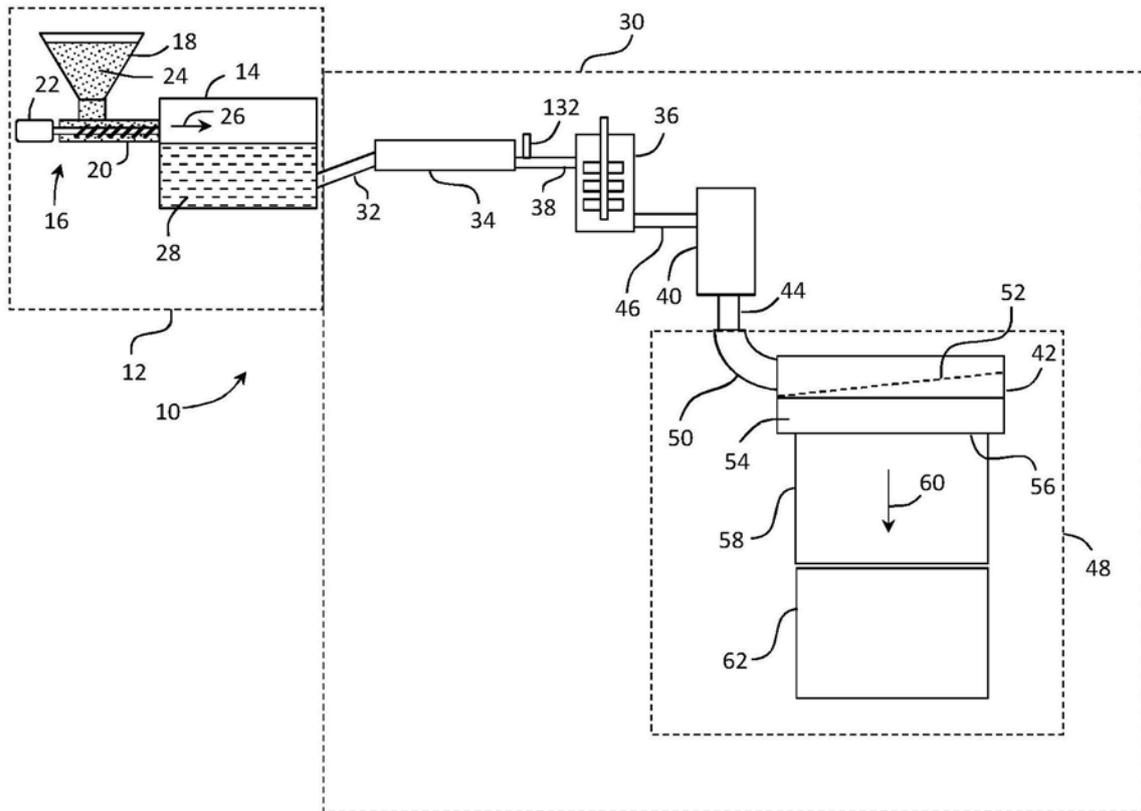


图1

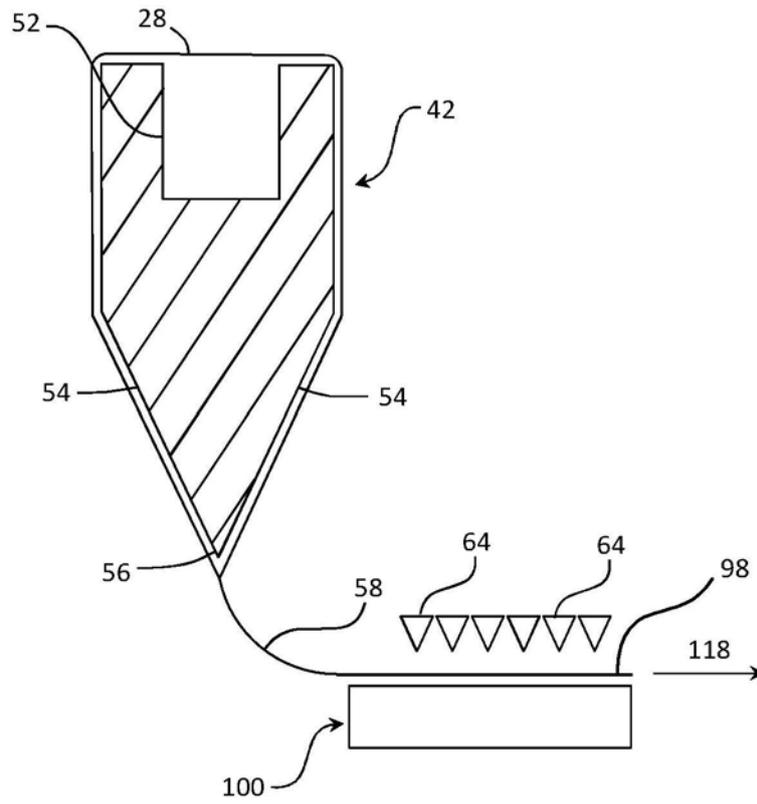


图2

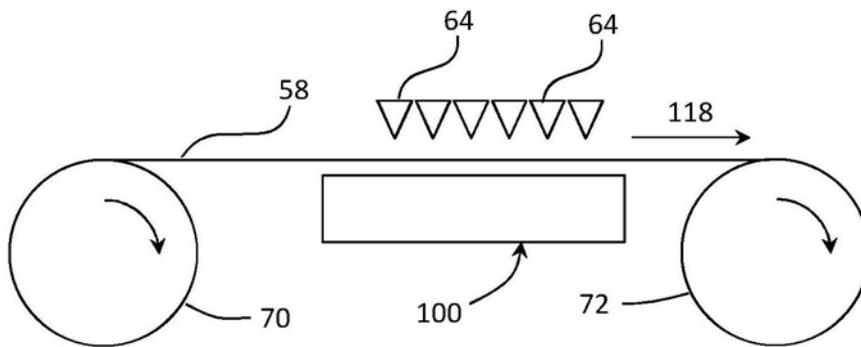


图3

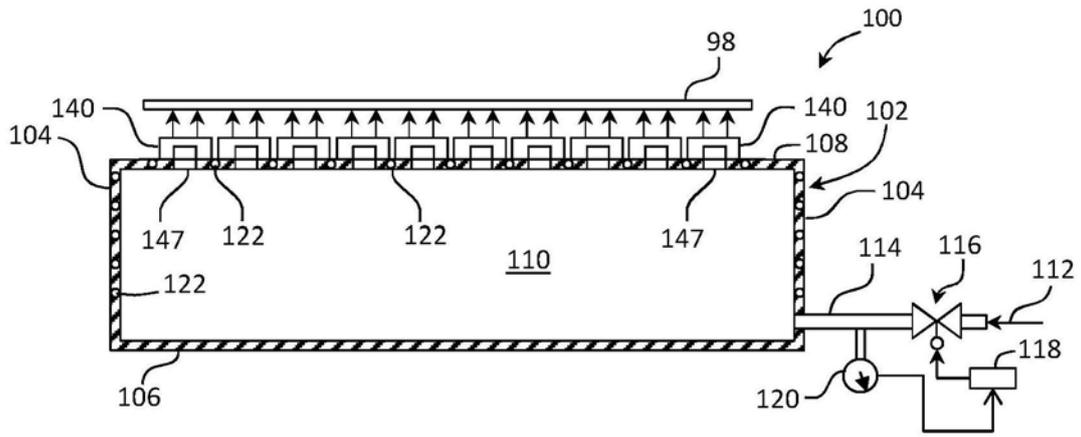


图4

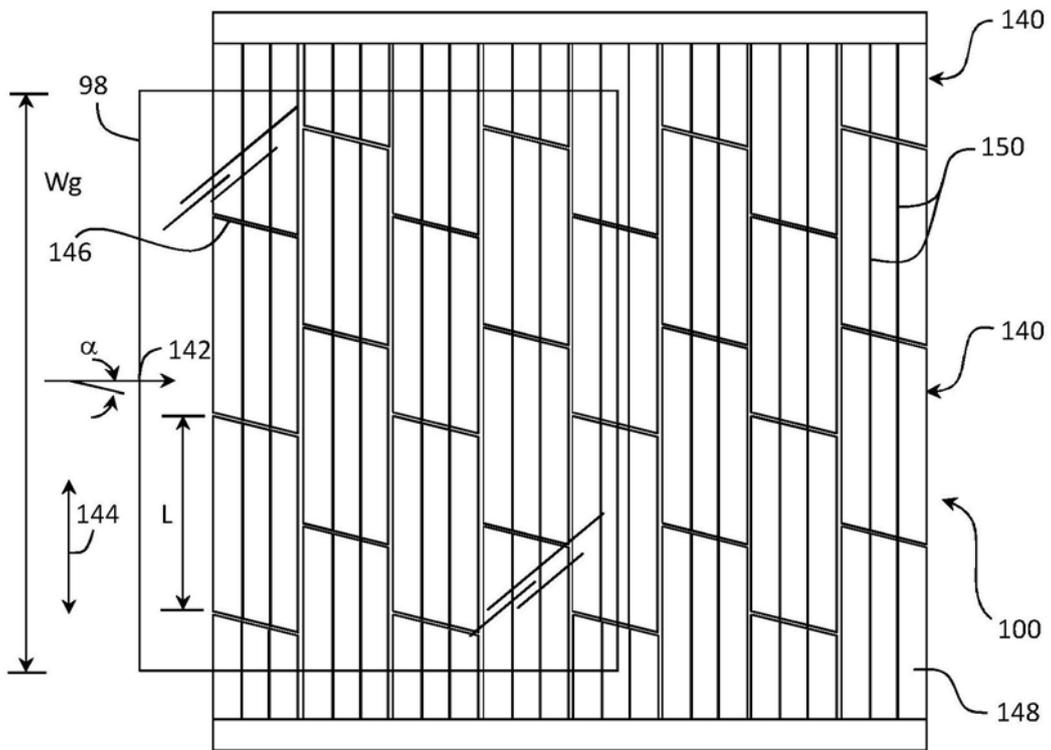


图5A

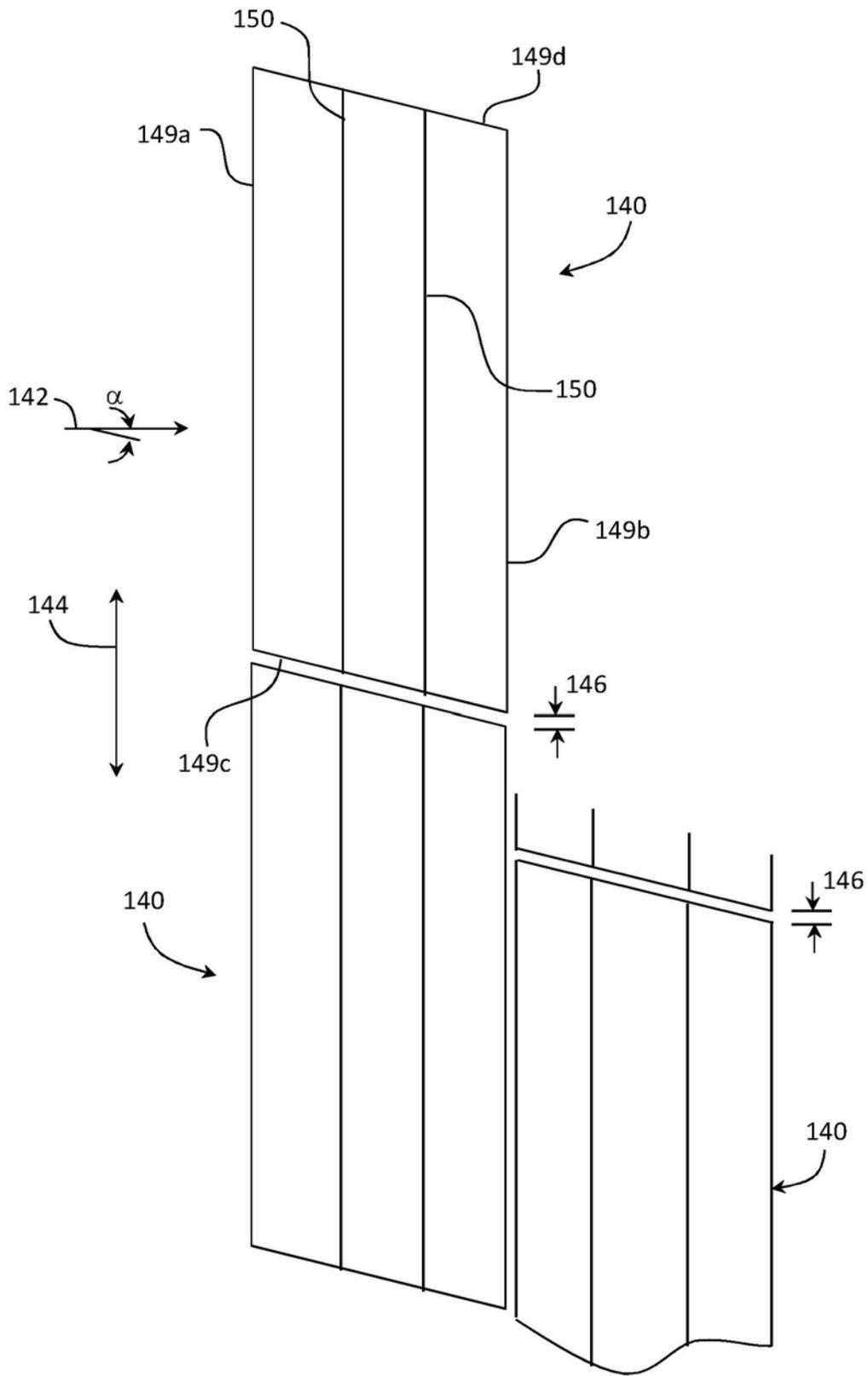


图5B

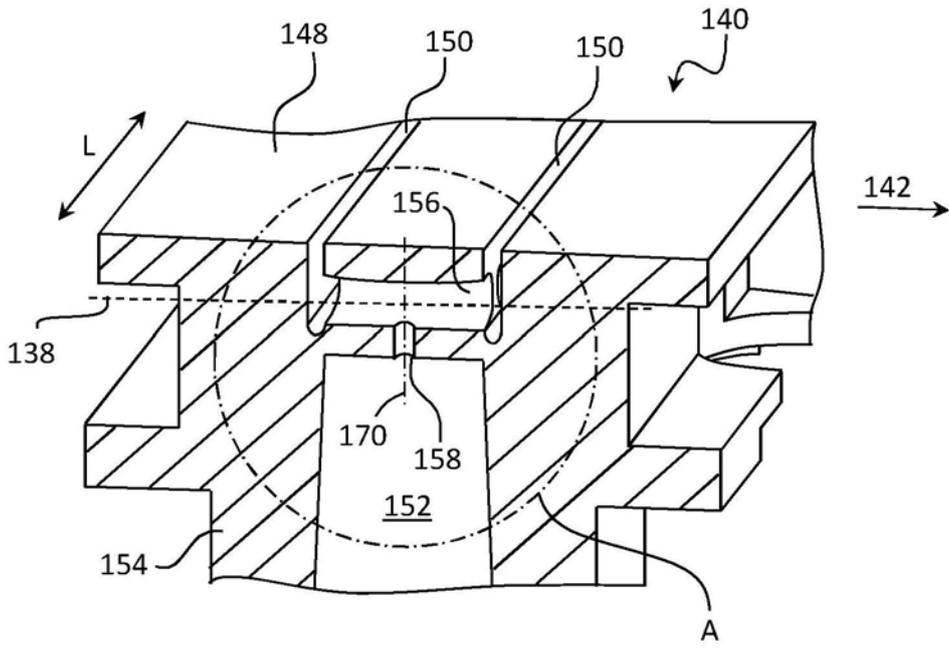


图6

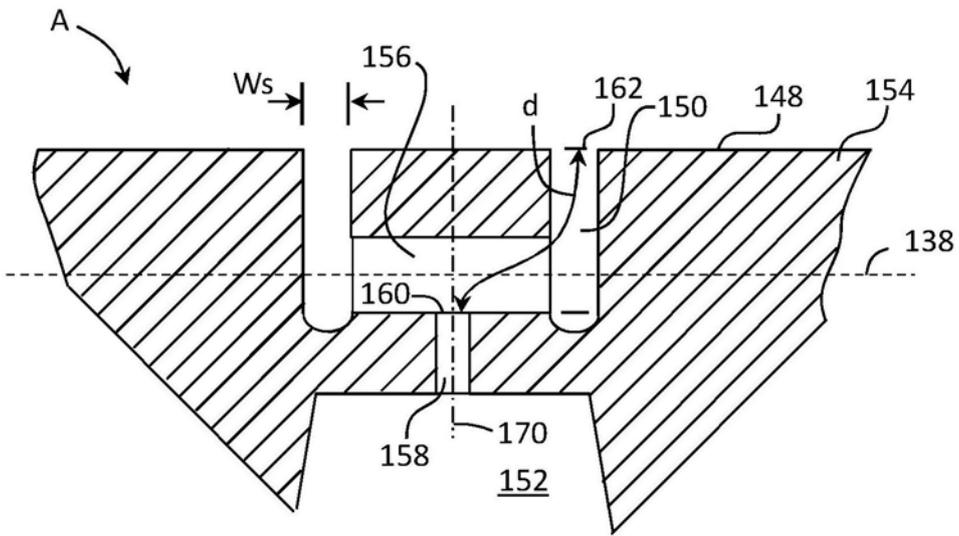


图7

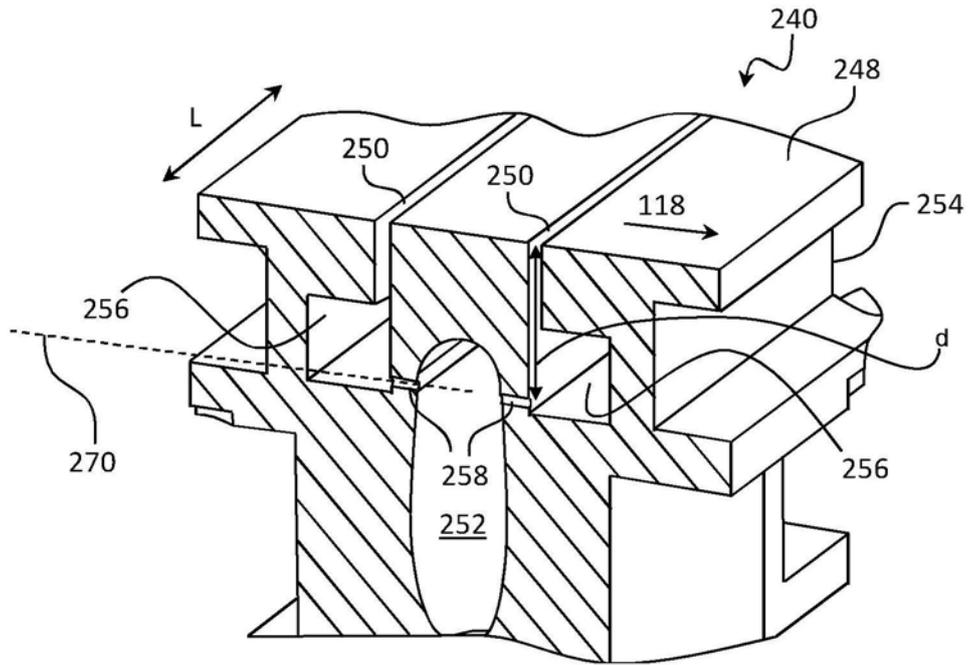


图8

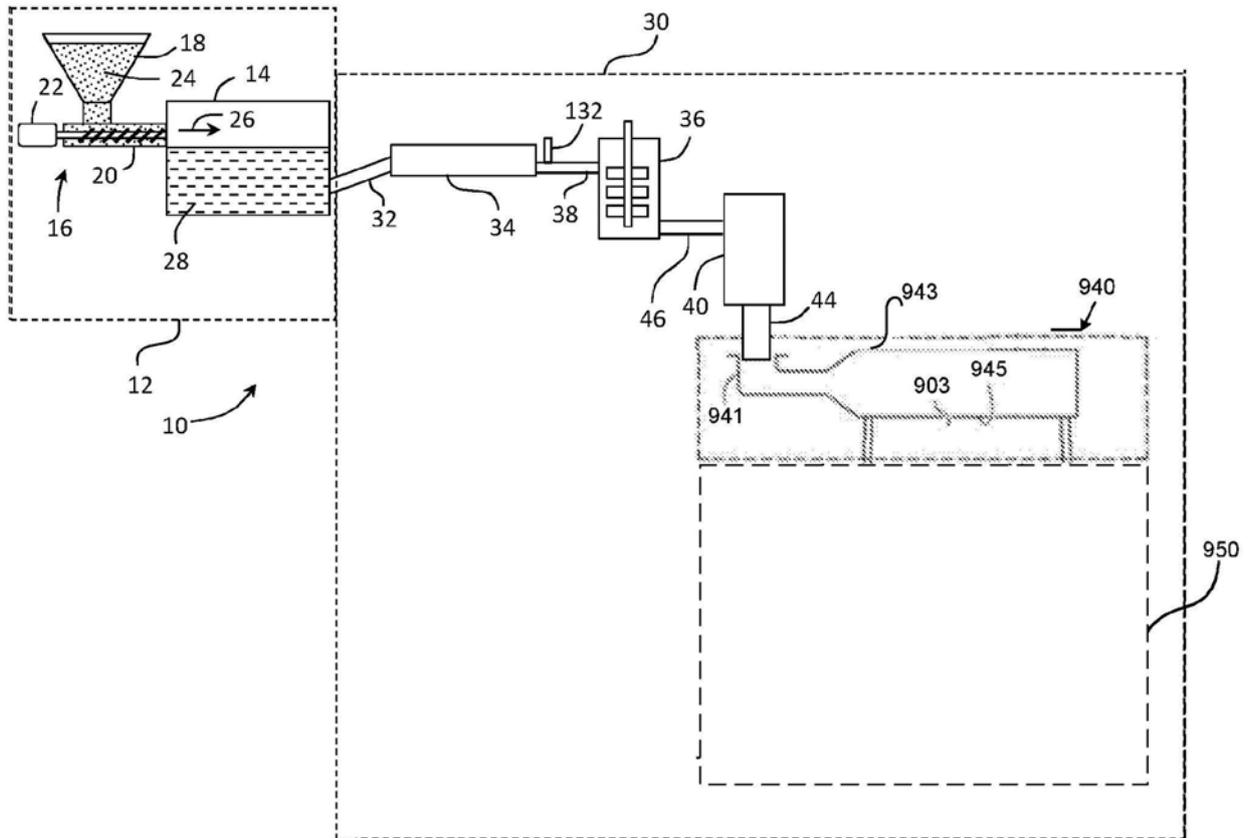


图9

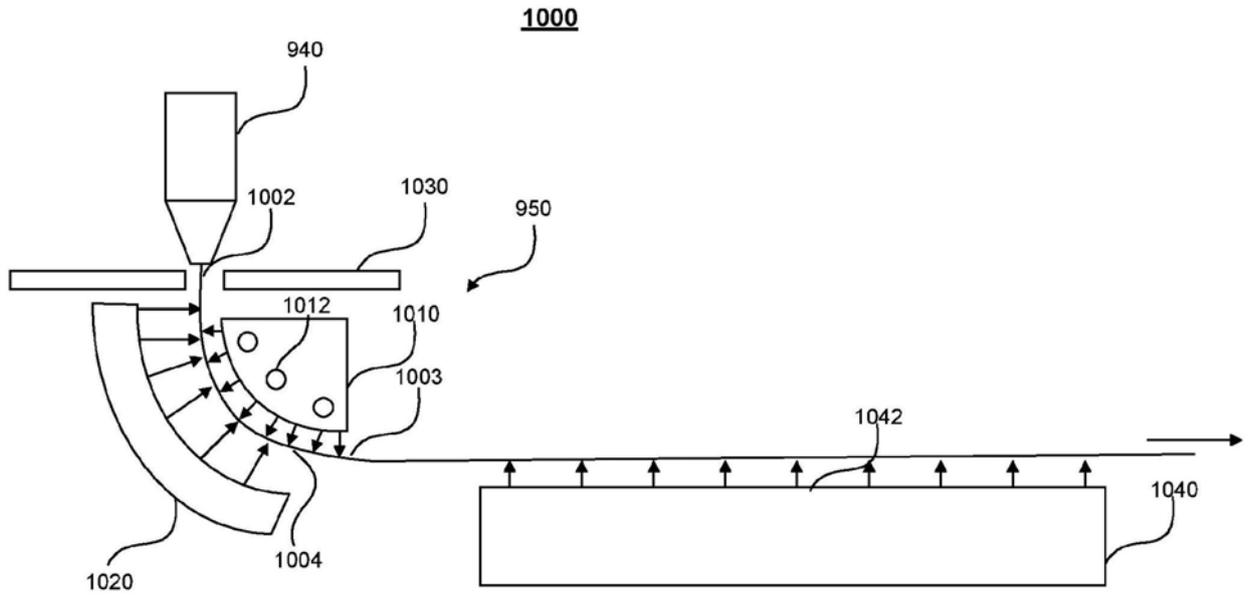


图10

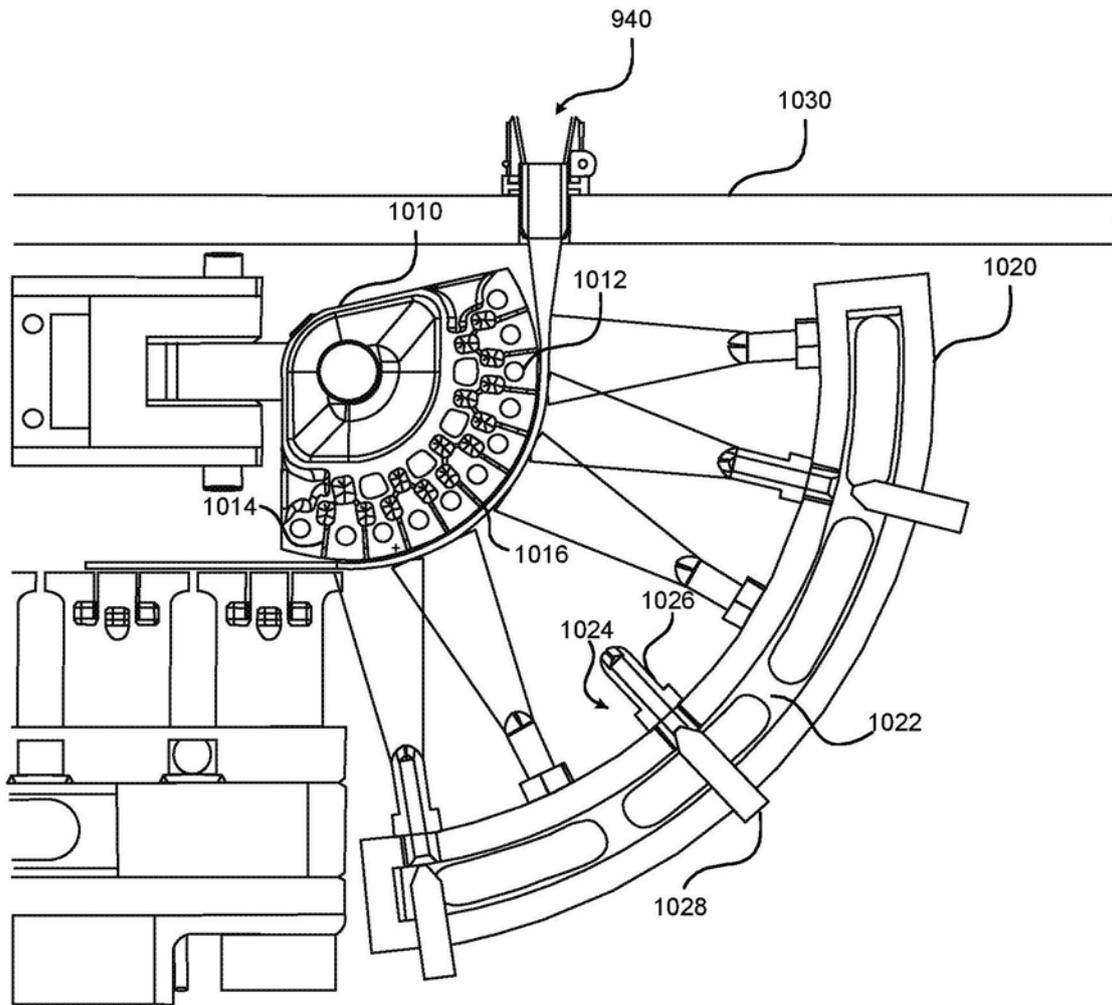


图11

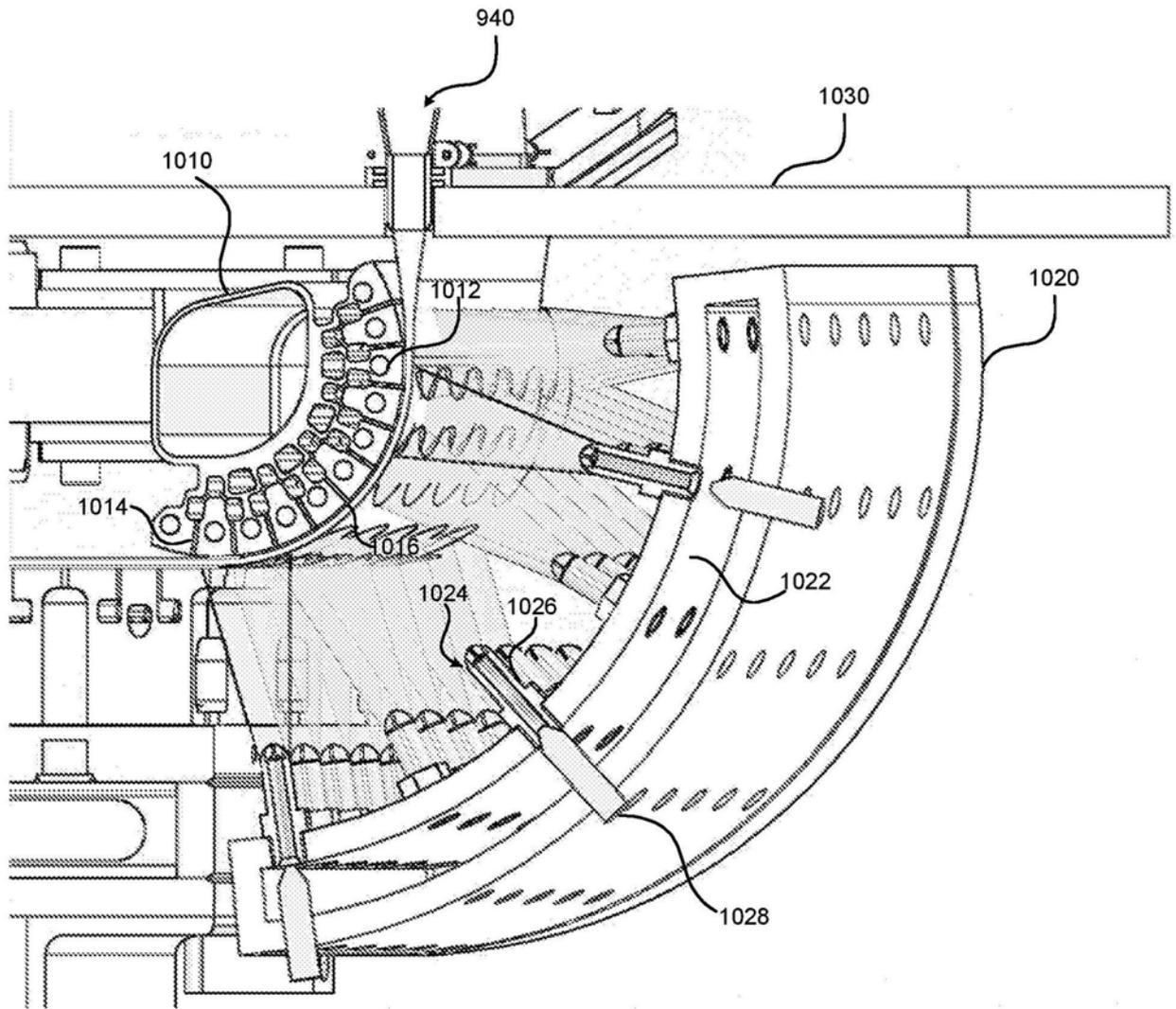


图12

**1300**

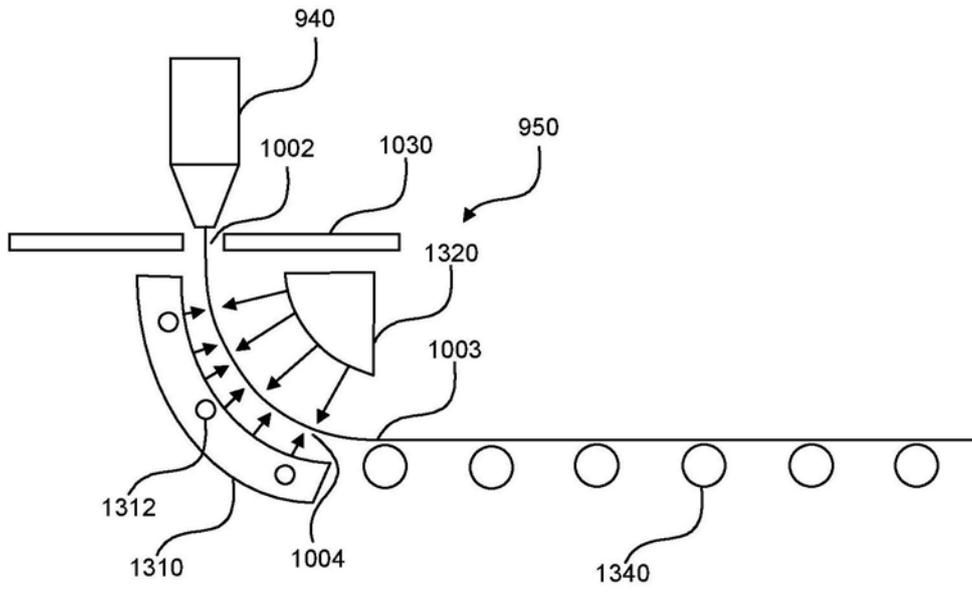


图13

**1400**

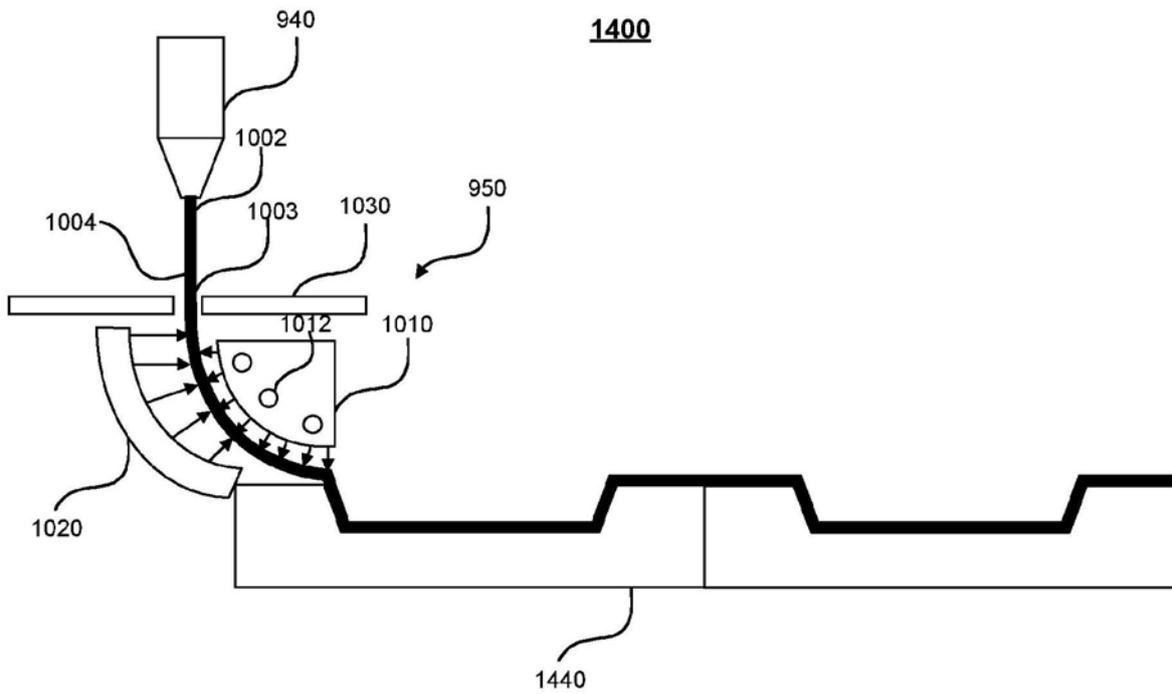


图14

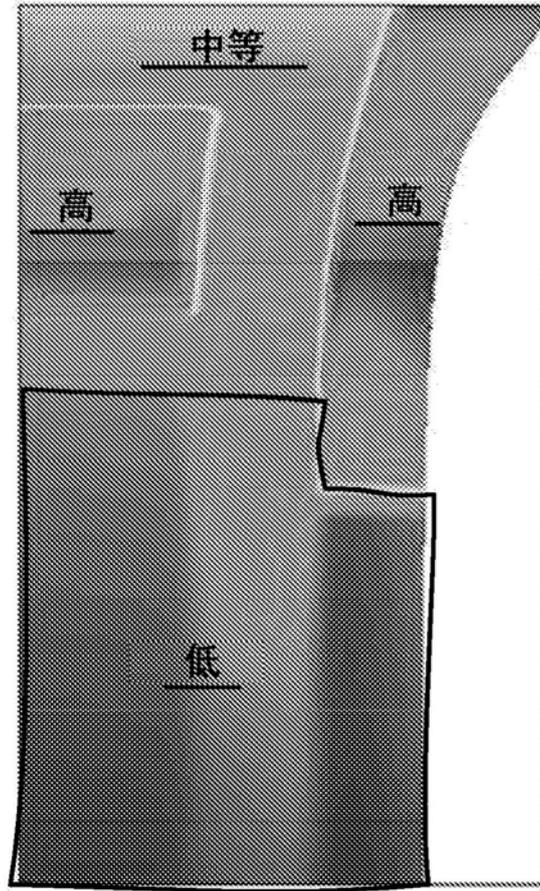


图15

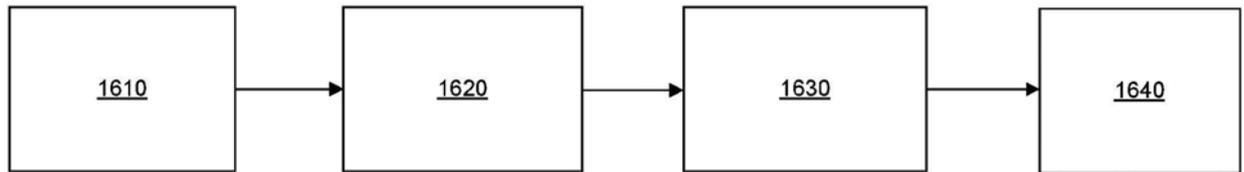


图16

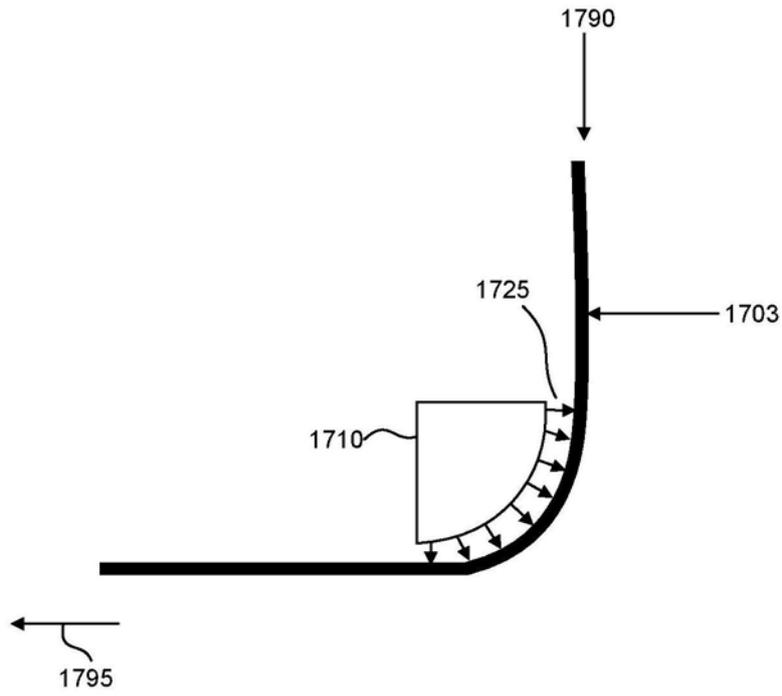


图17

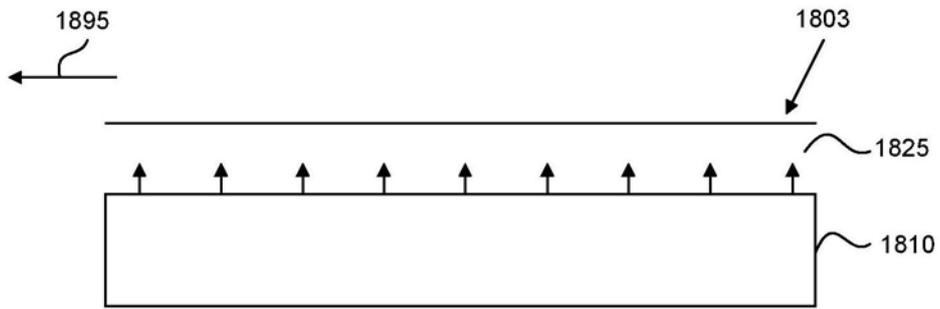


图18

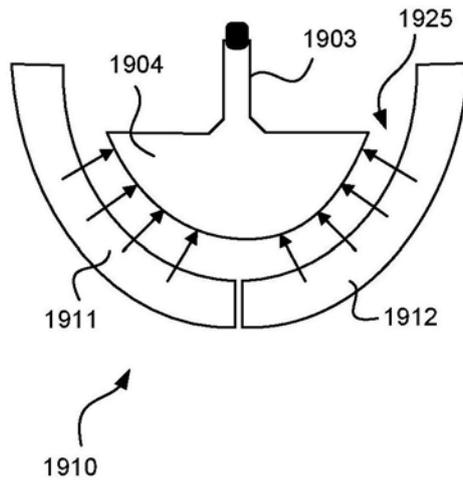


图19A

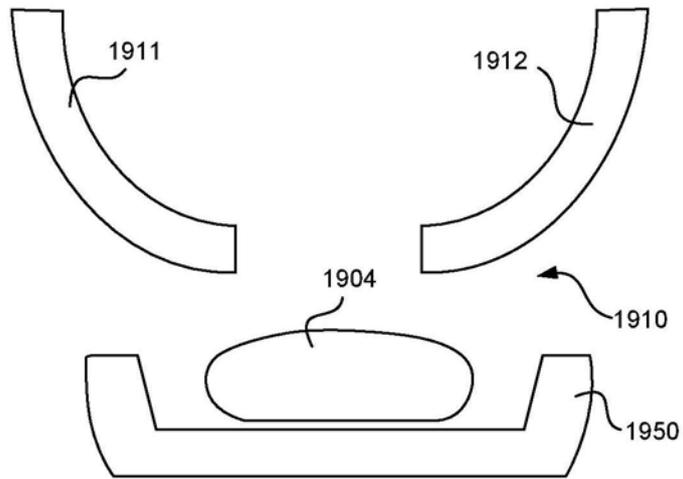


图19B

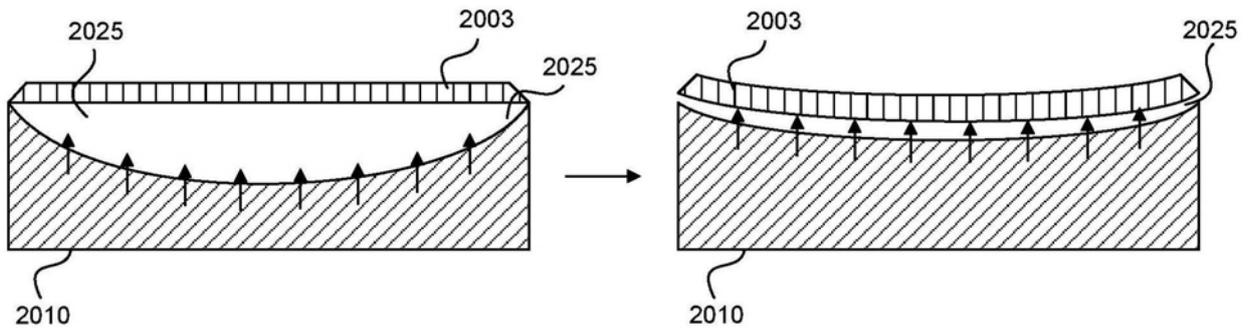


图 20A

图 20B

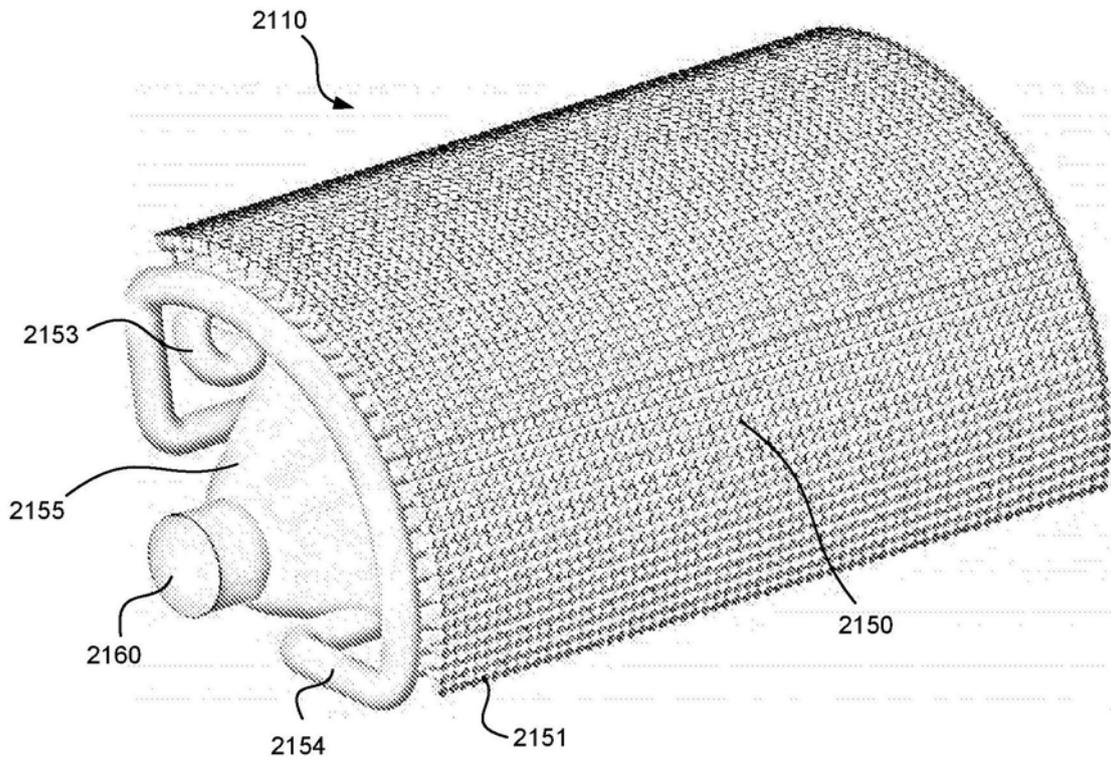


图21

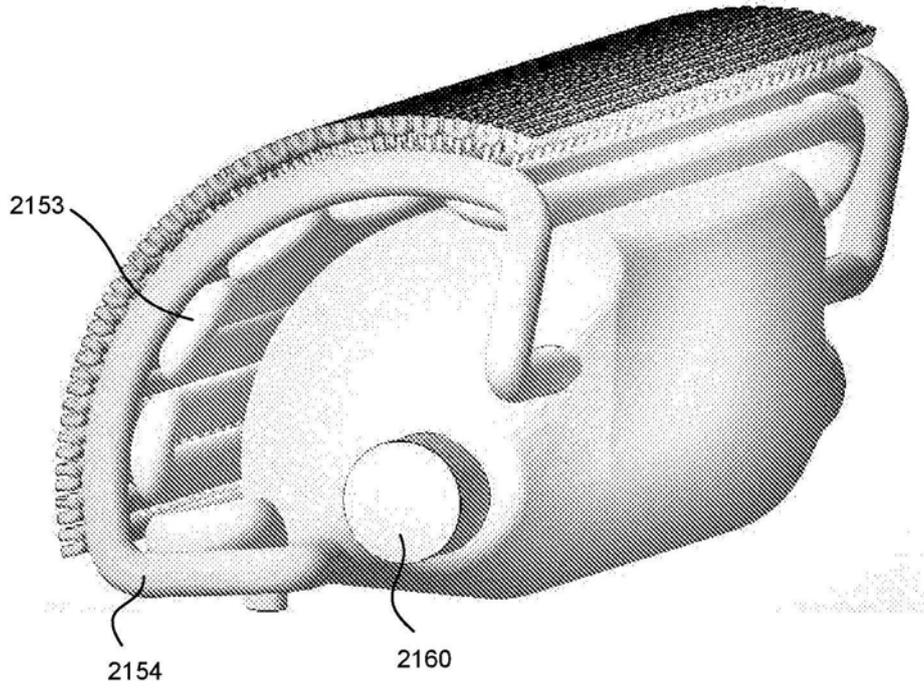


图22

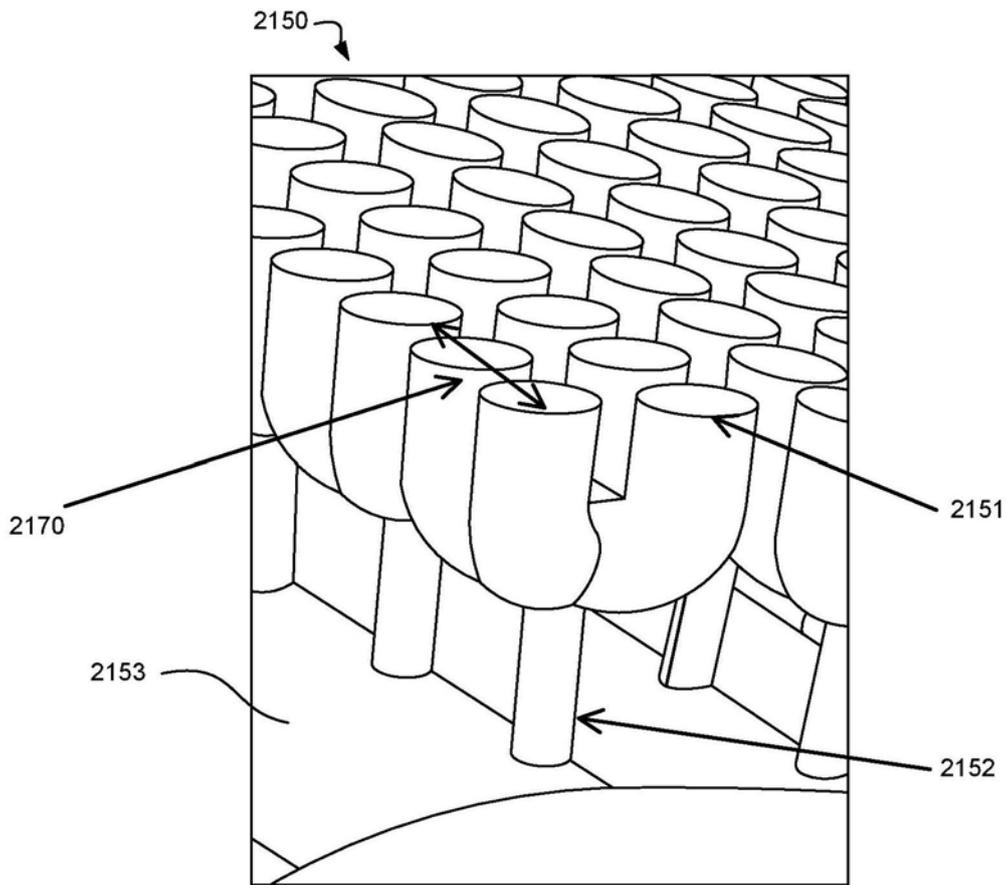


图23

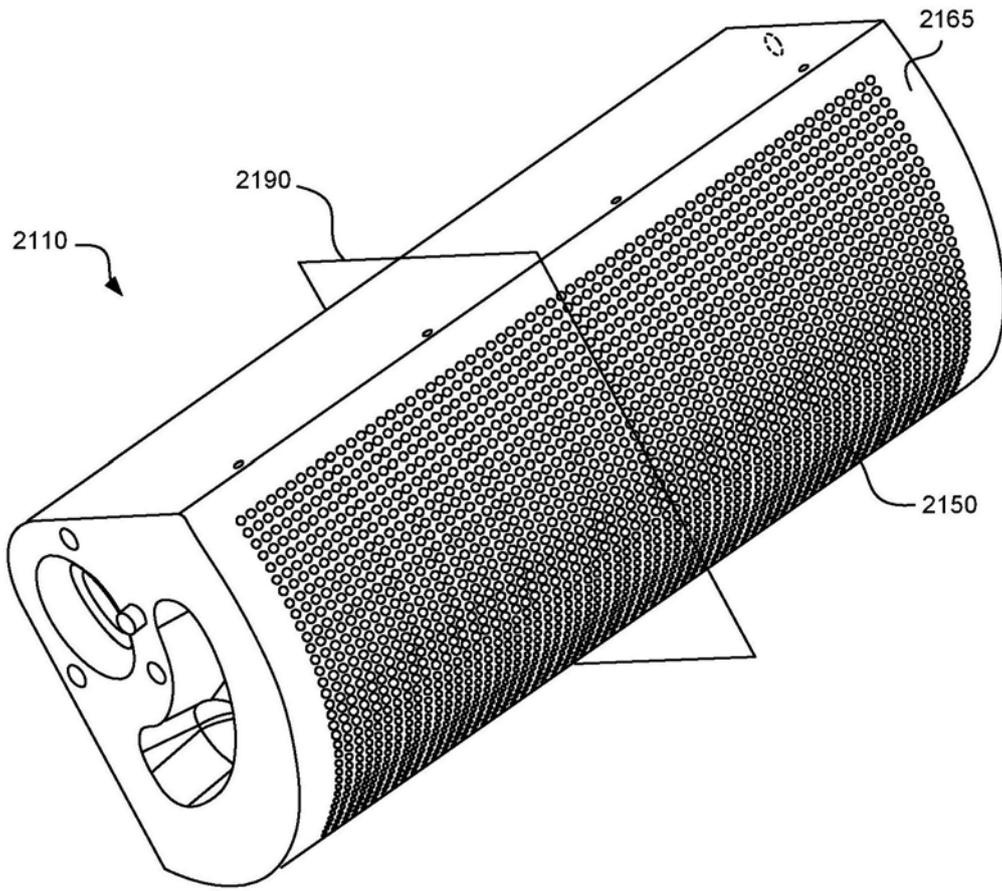


图24

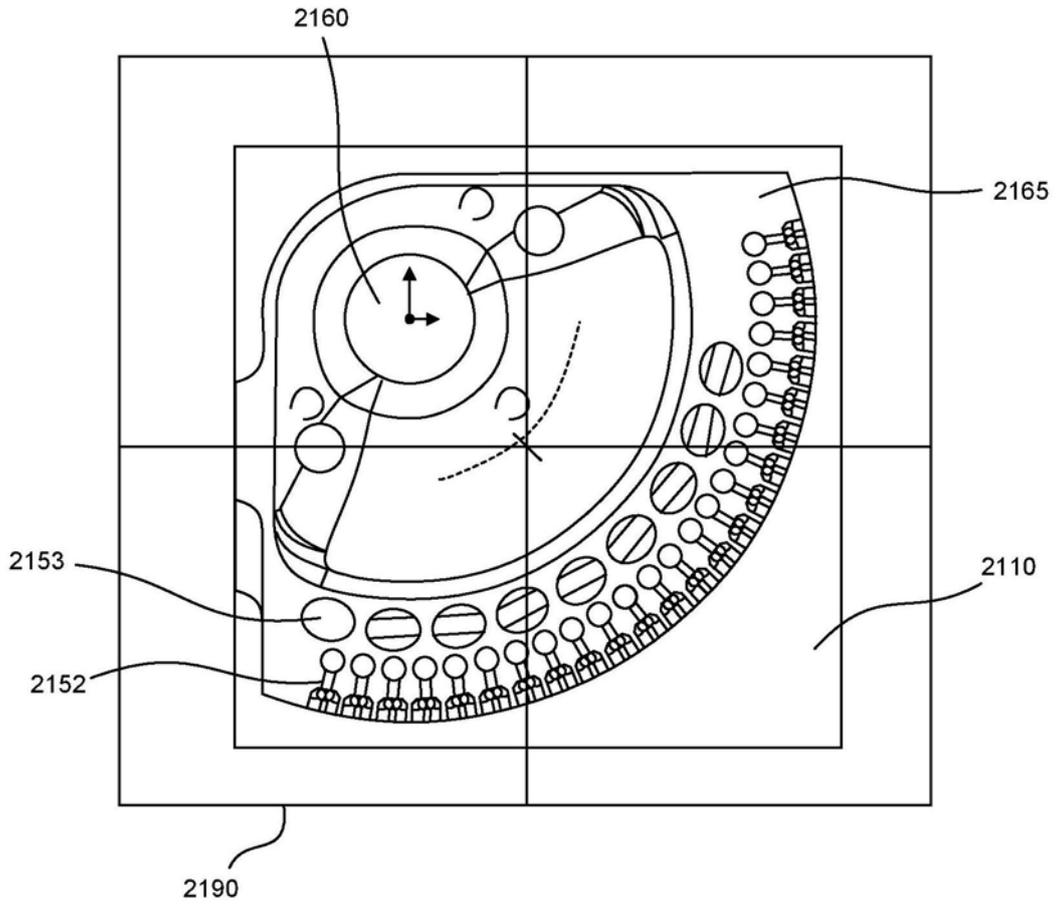


图25

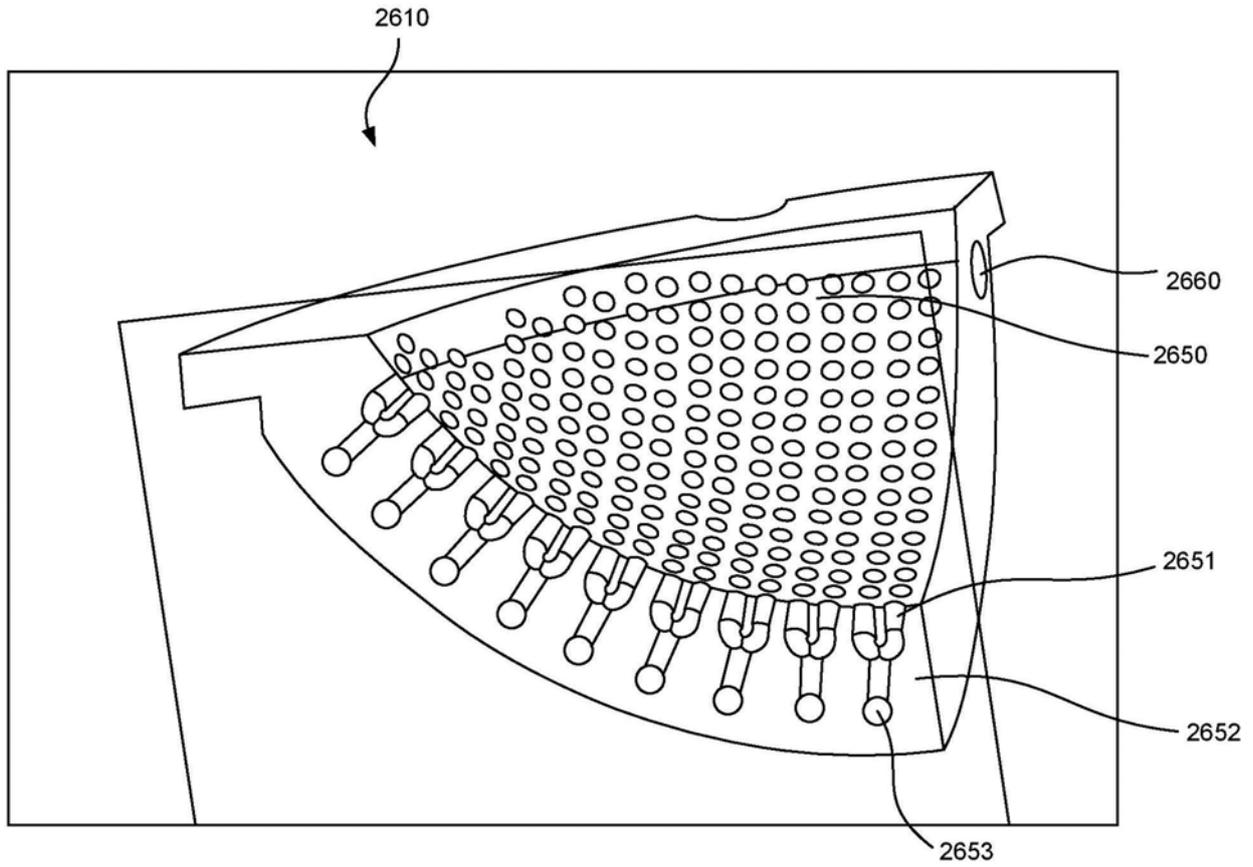


图26

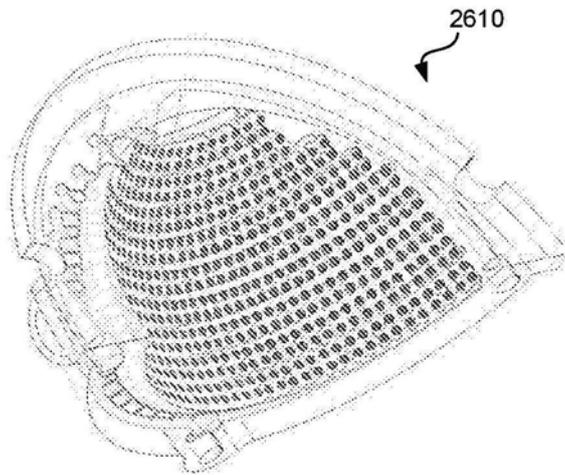


图27

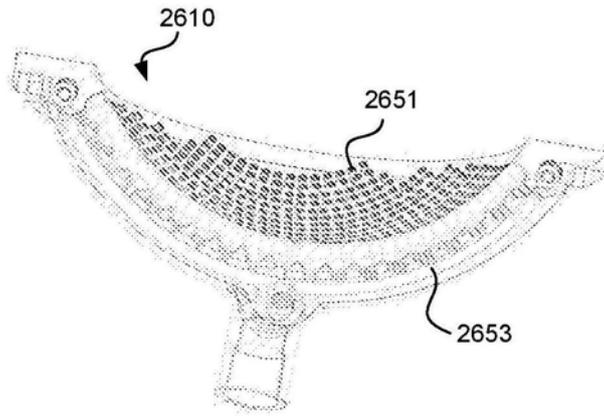


图28

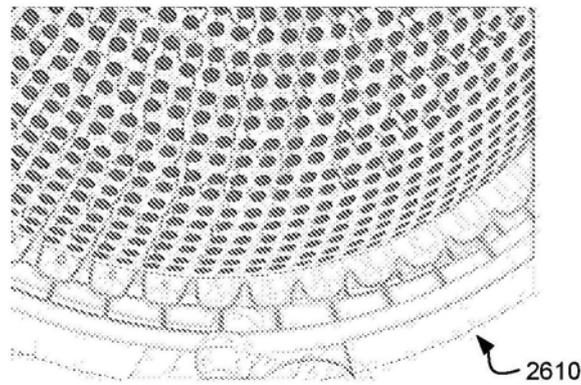


图29

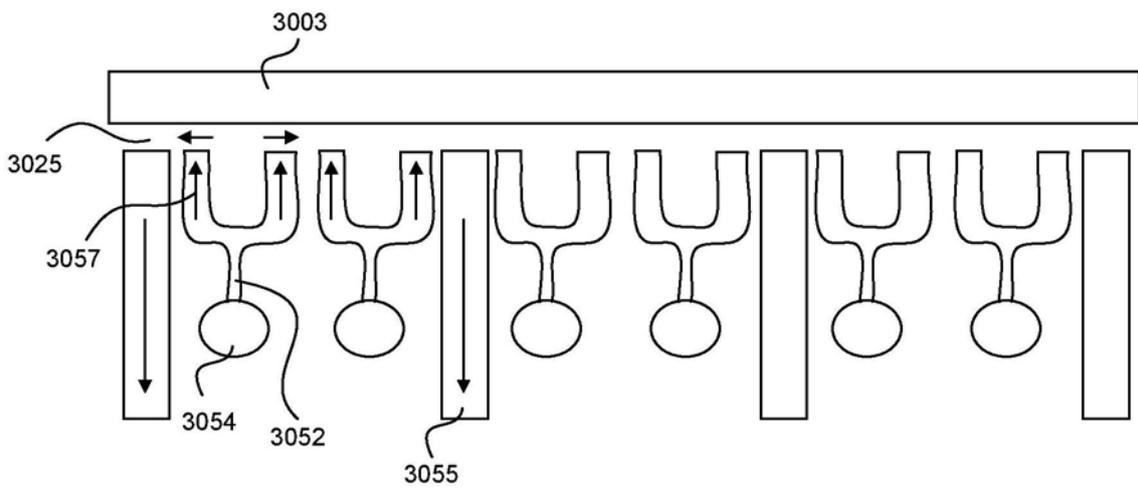


图30

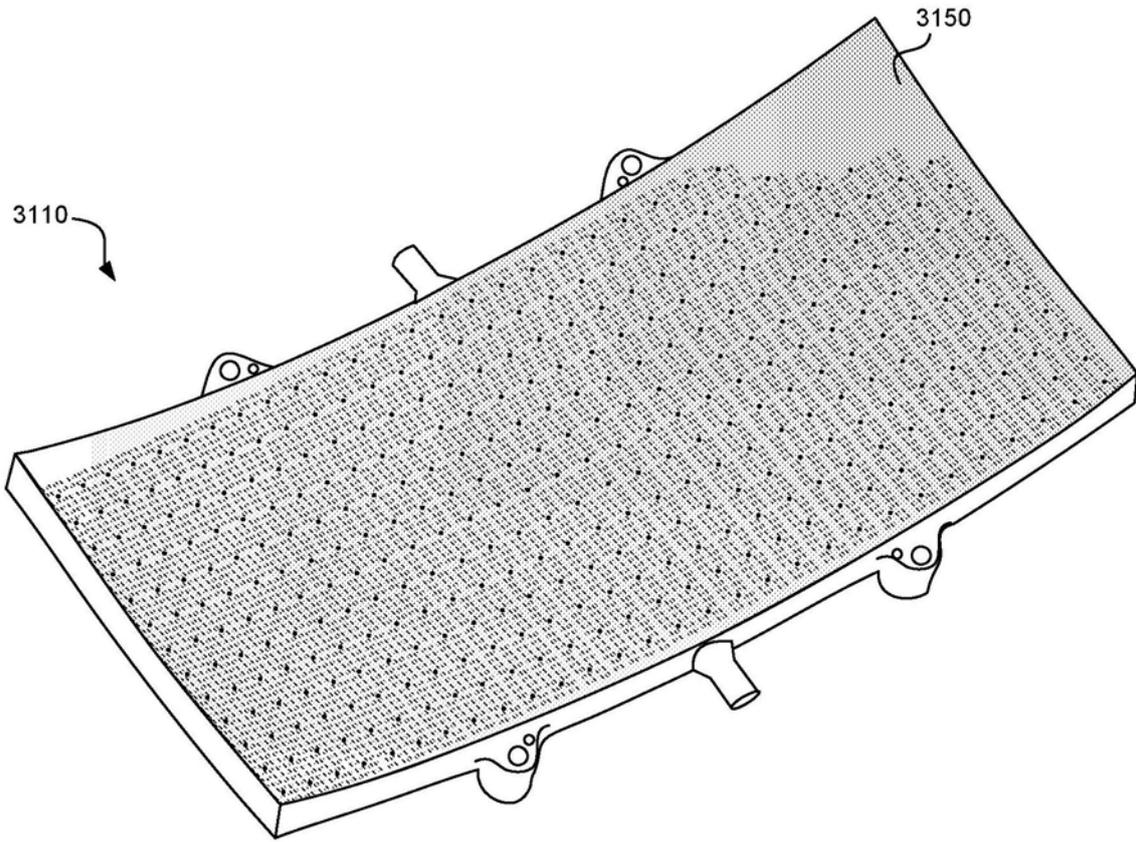


图31

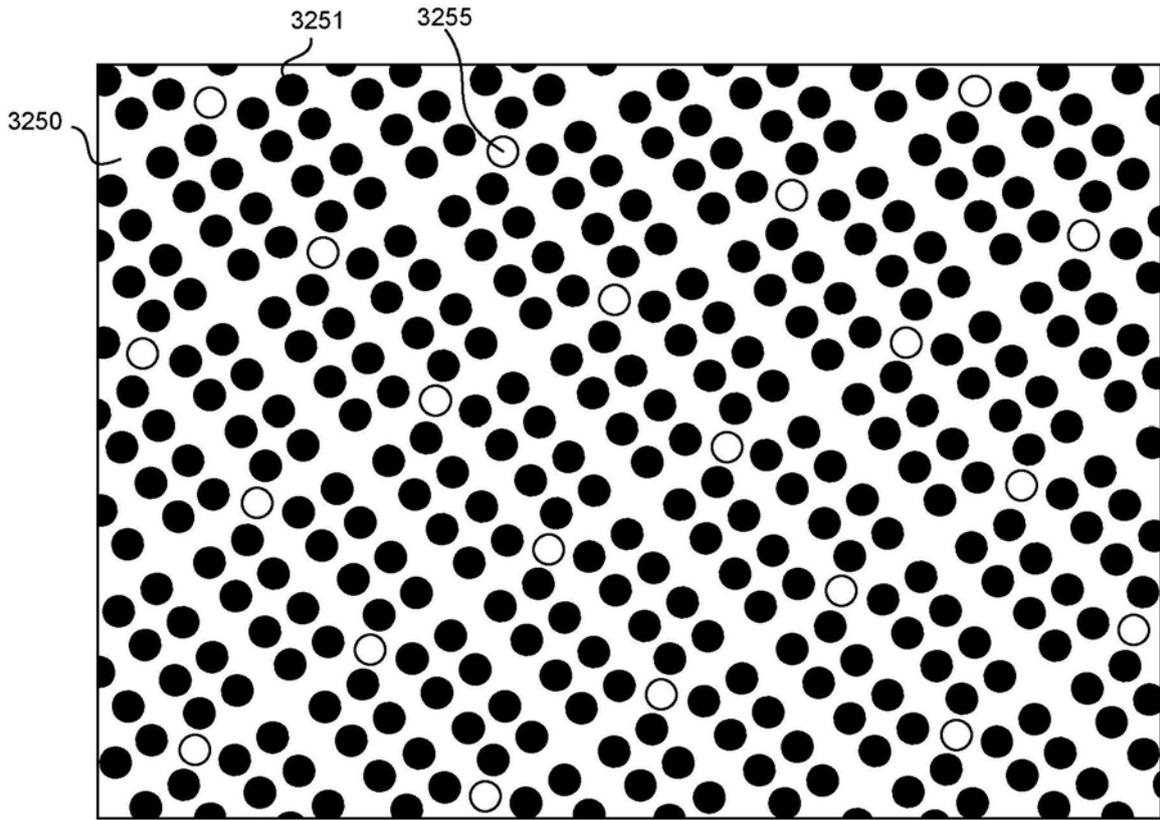


图32

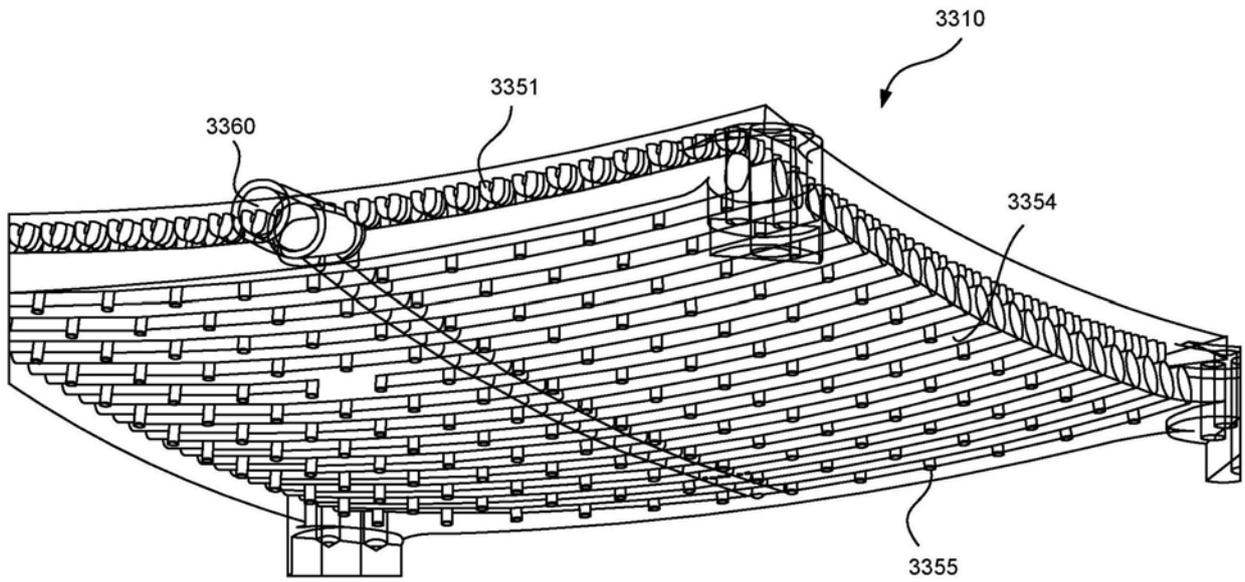


图33

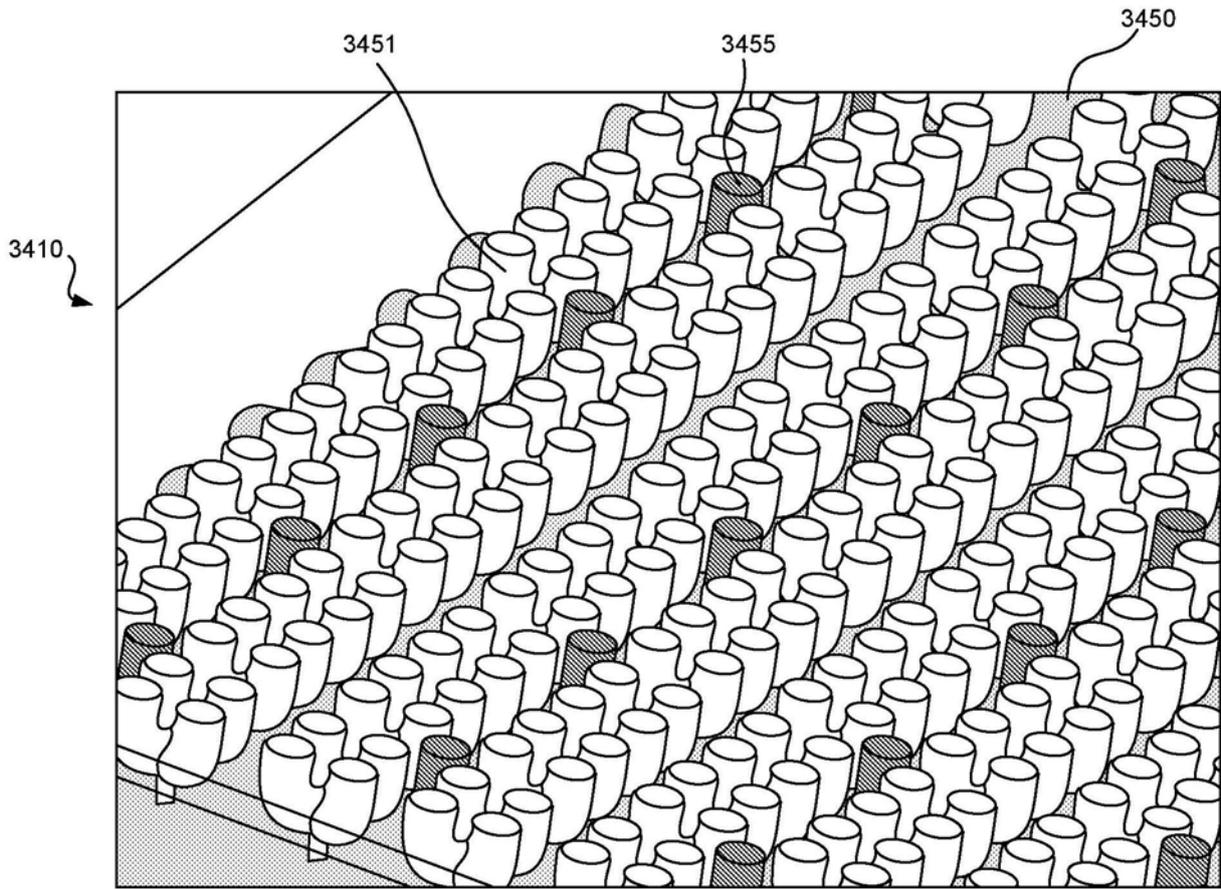


图34

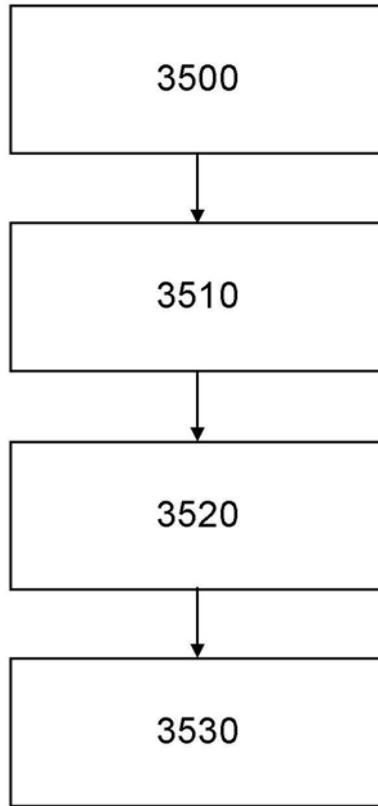


图35

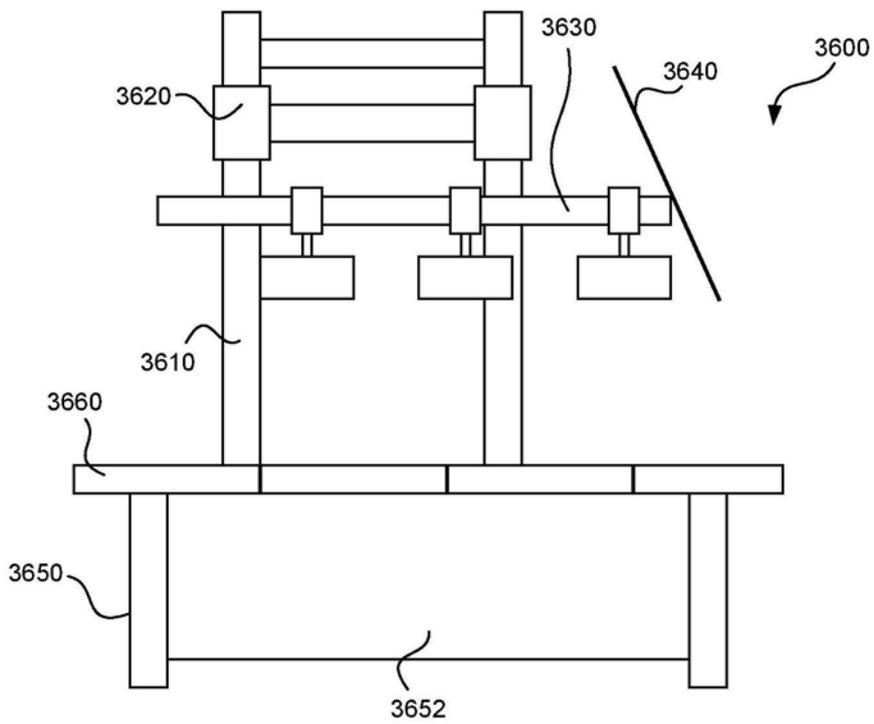


图36

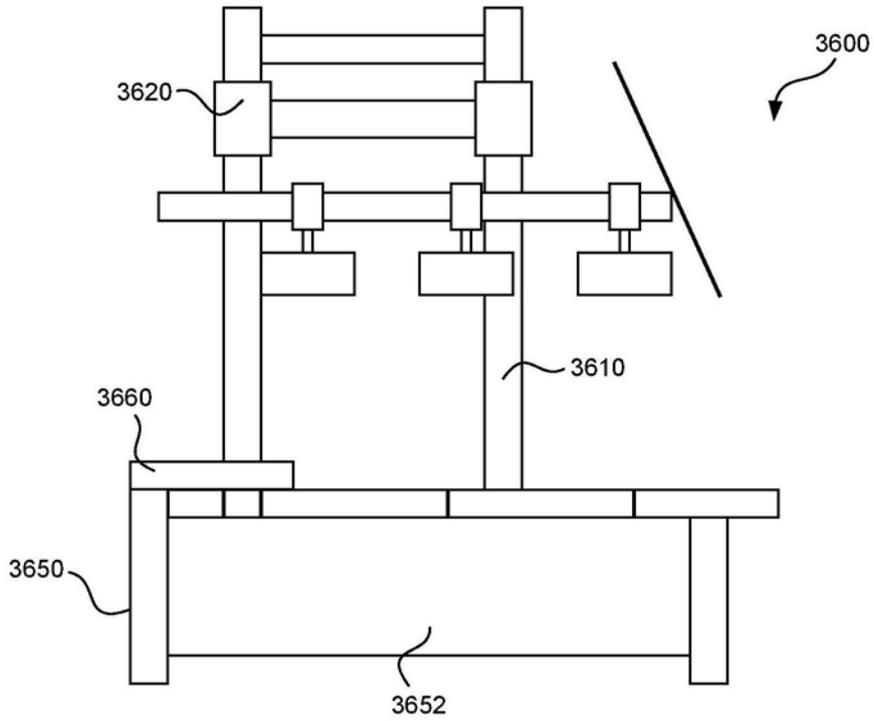


图37

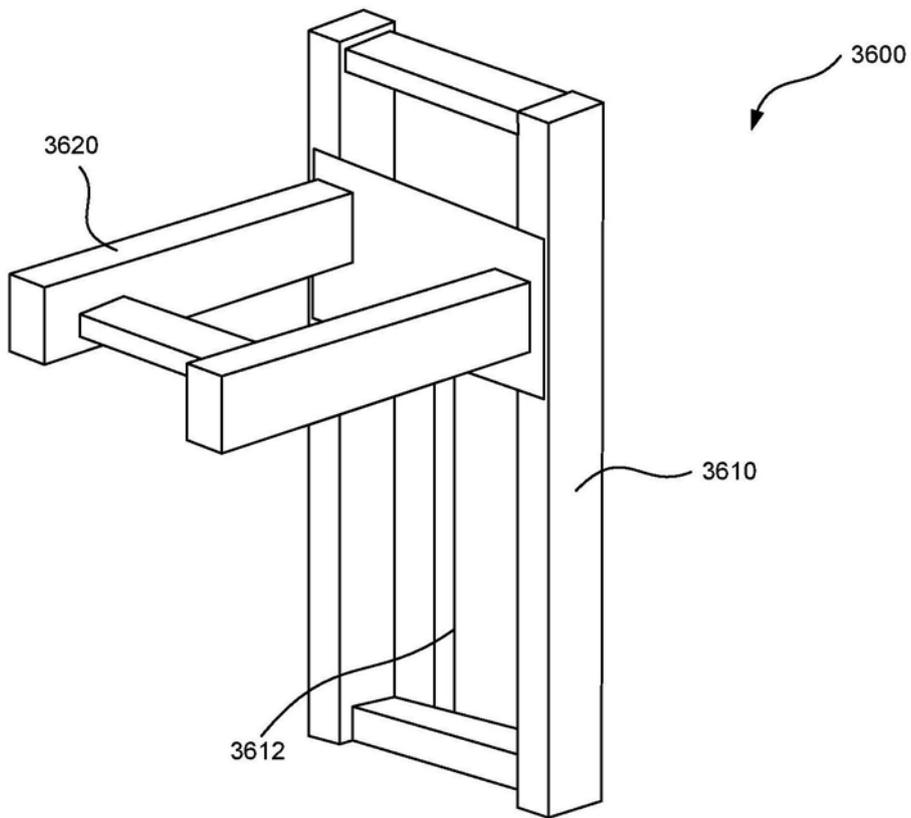


图38

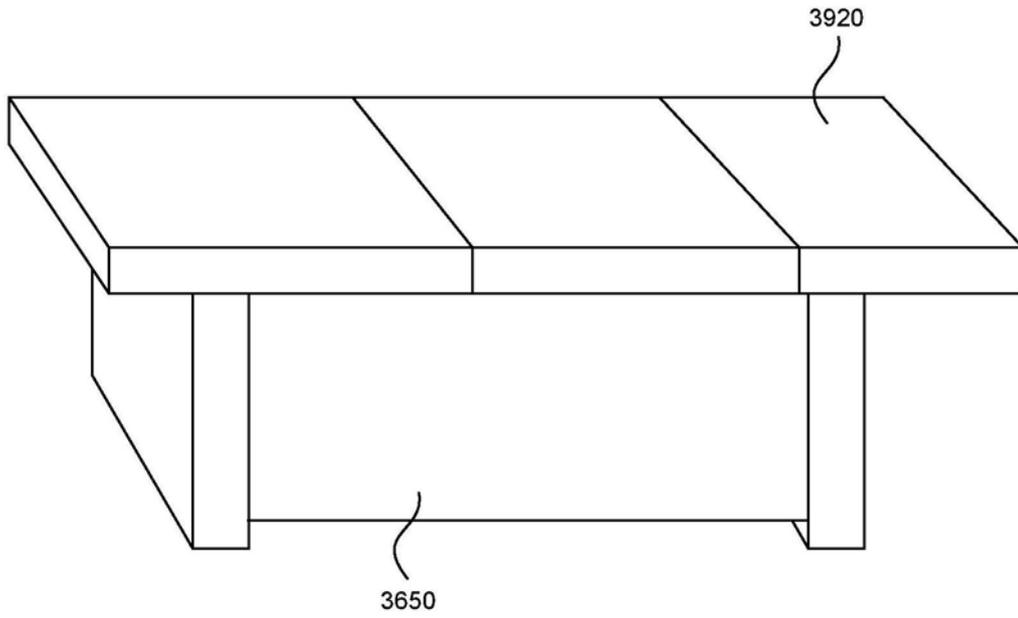


图39

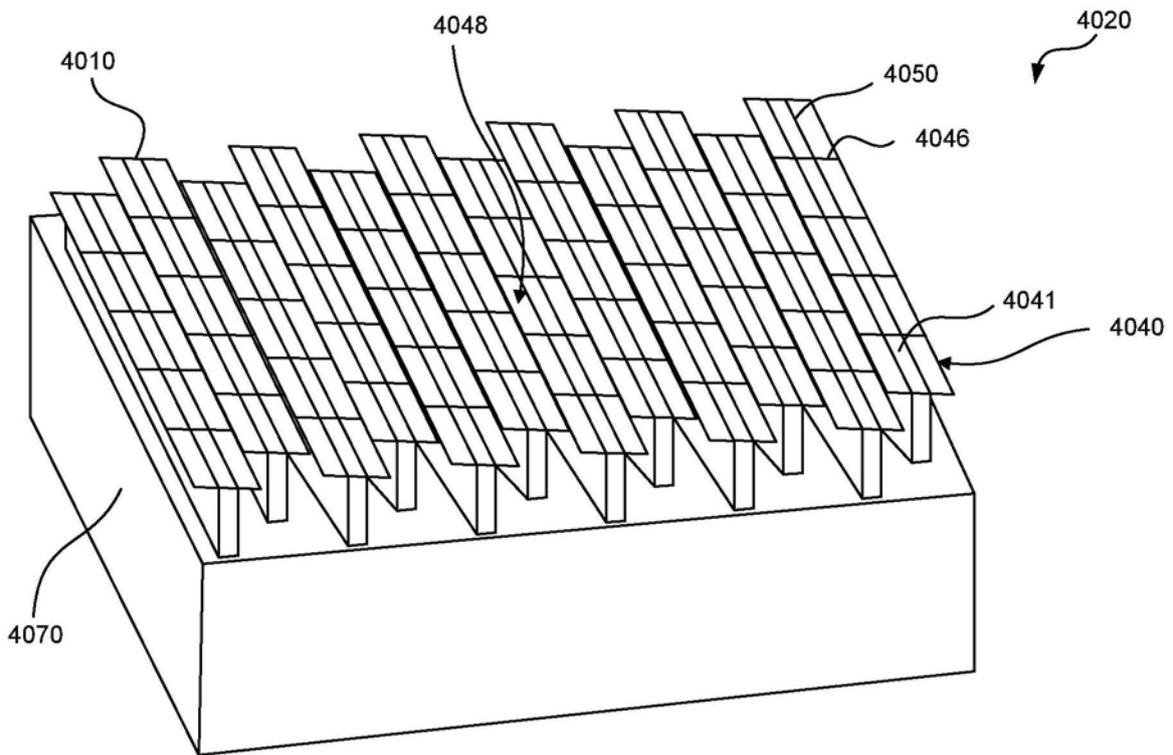


图40

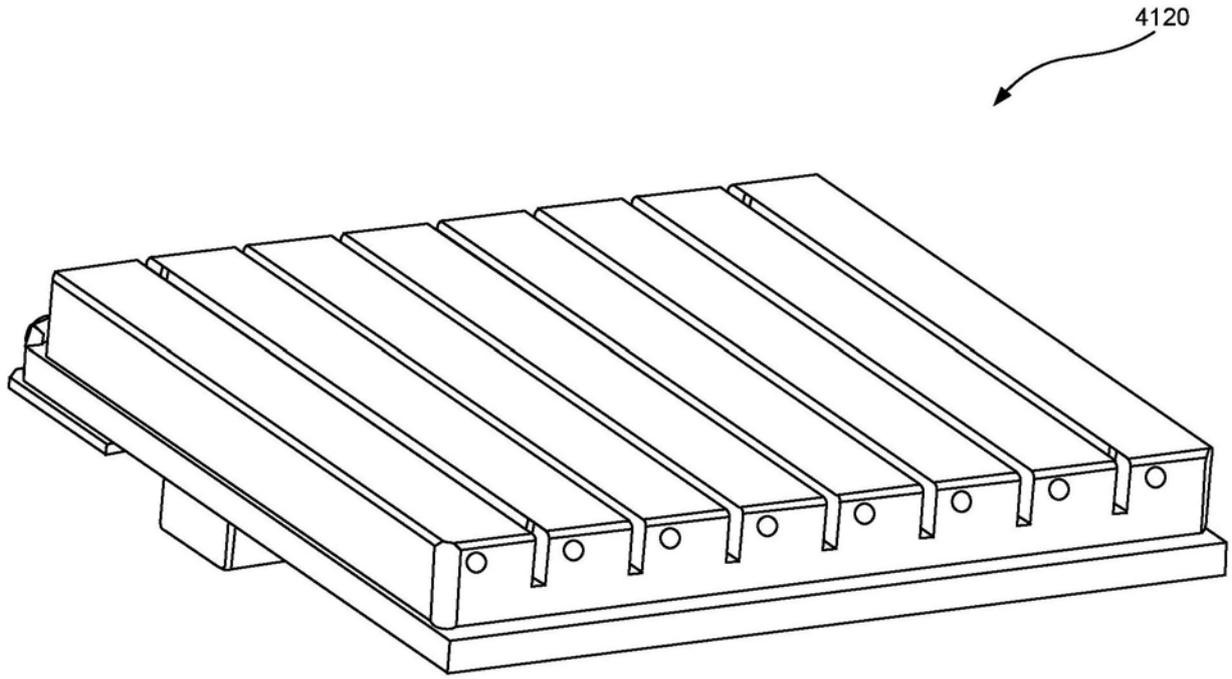


图41

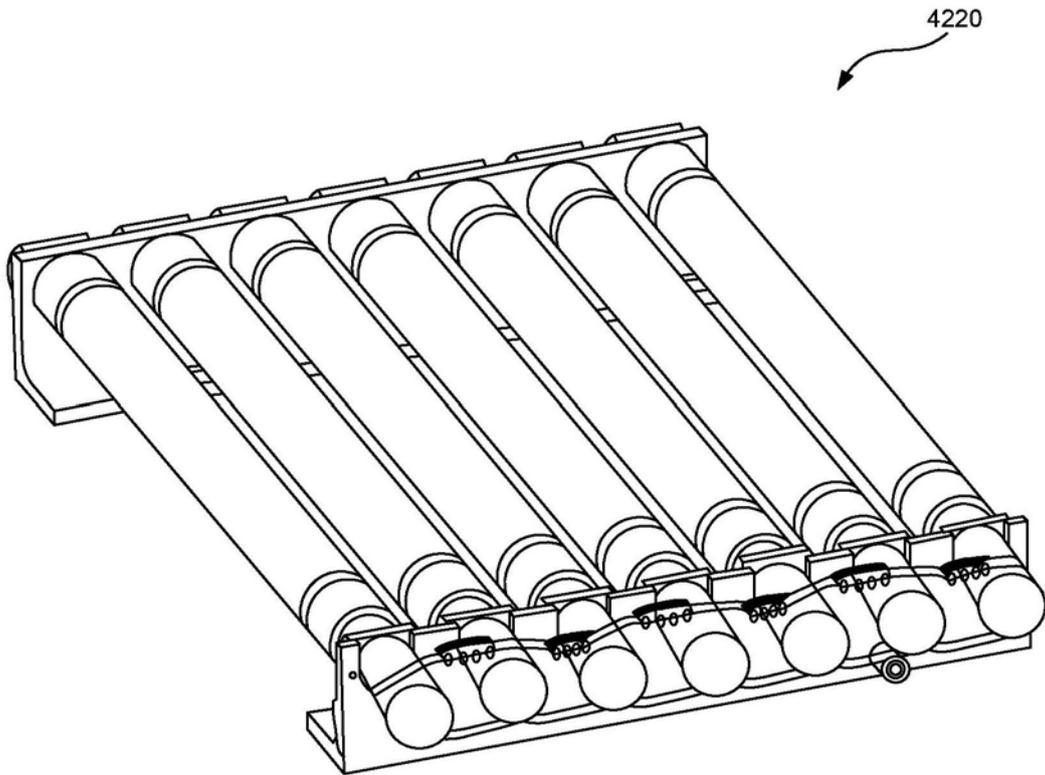


图42

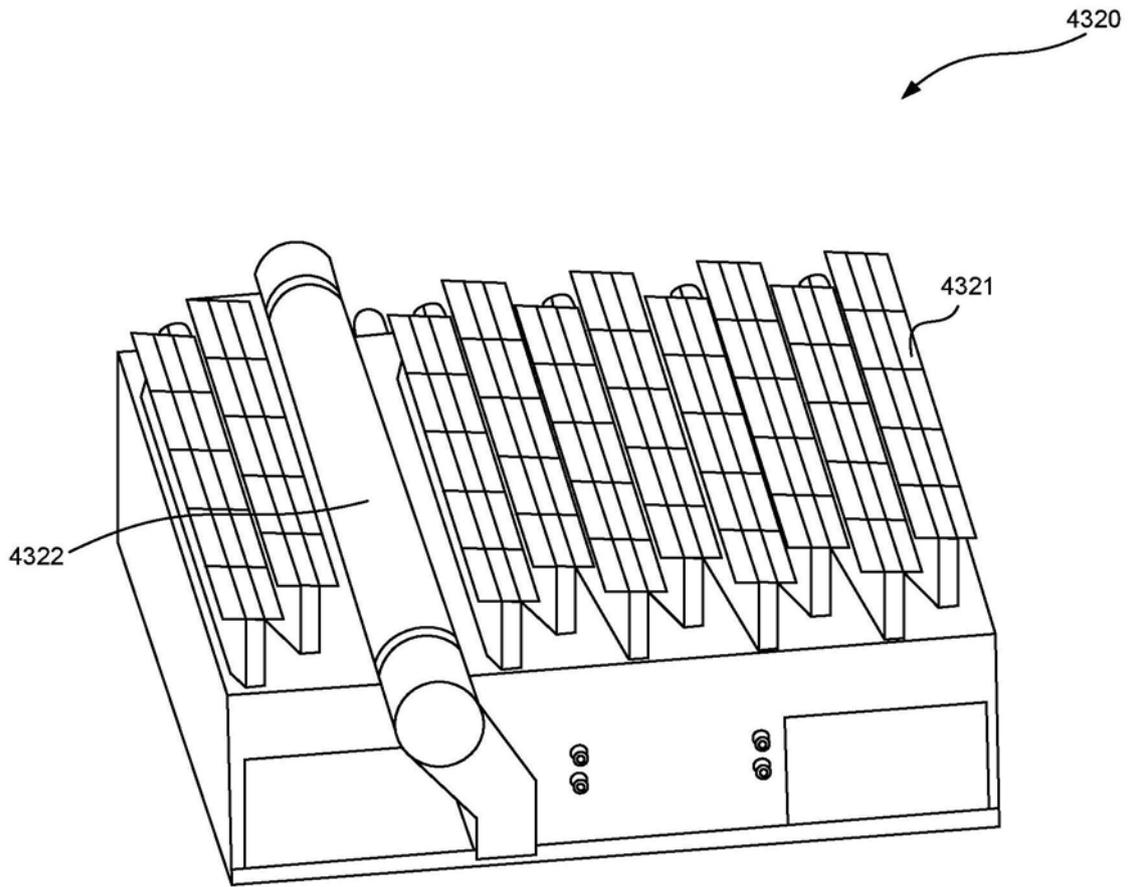


图43

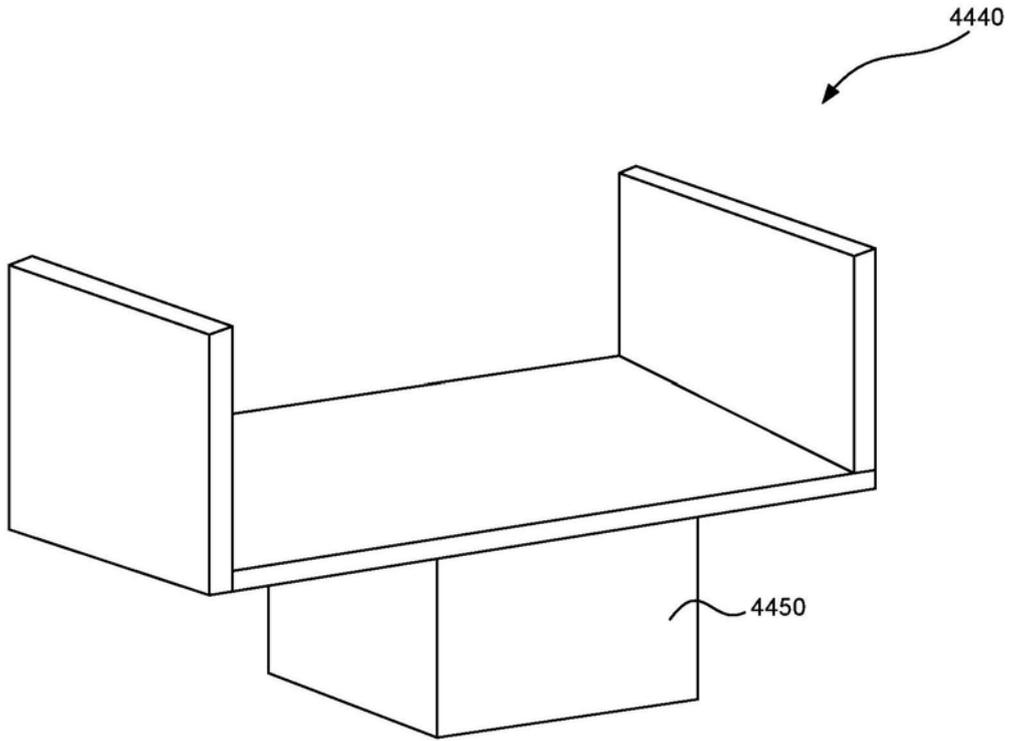


图44

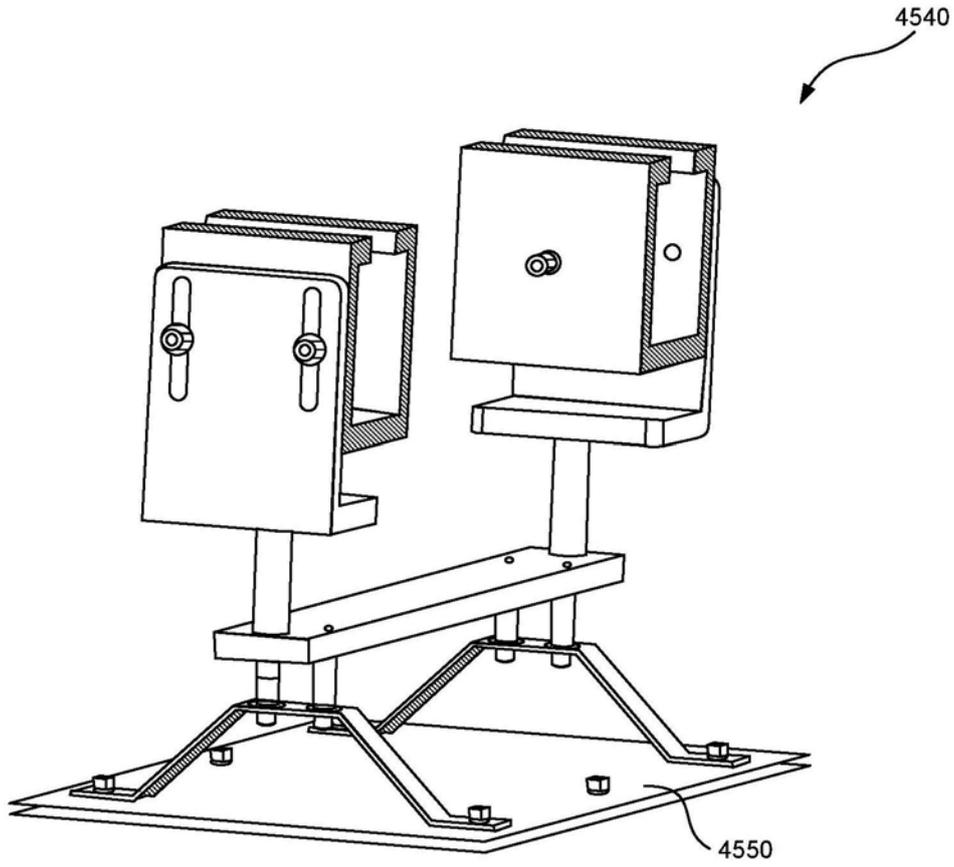


图45

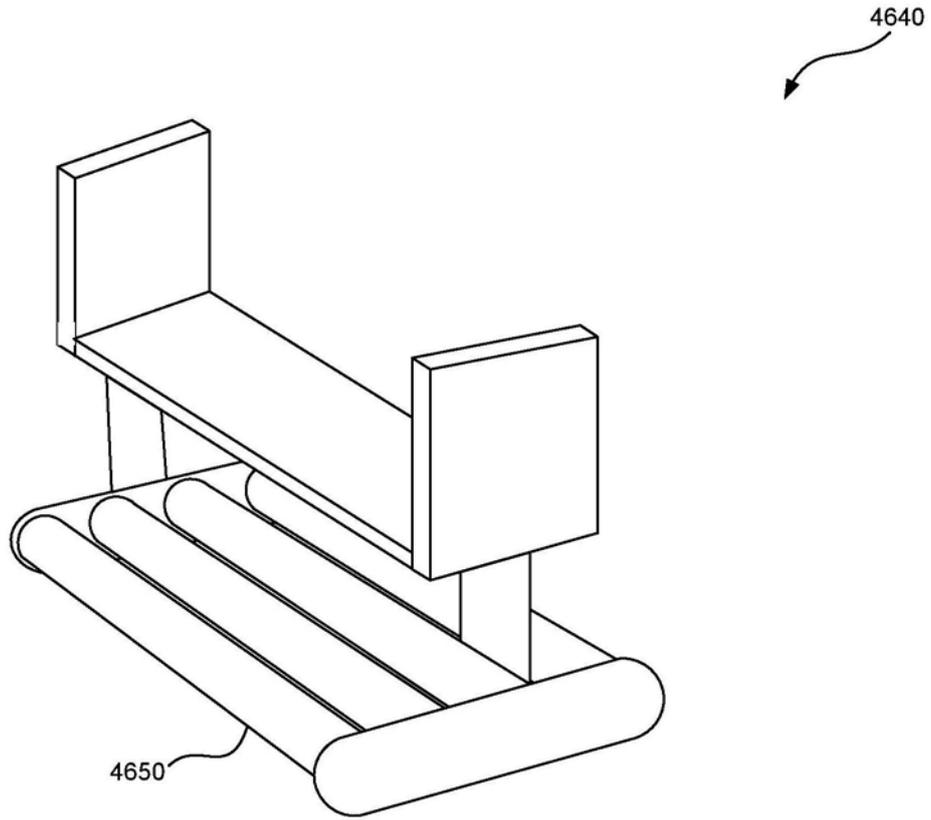


图46

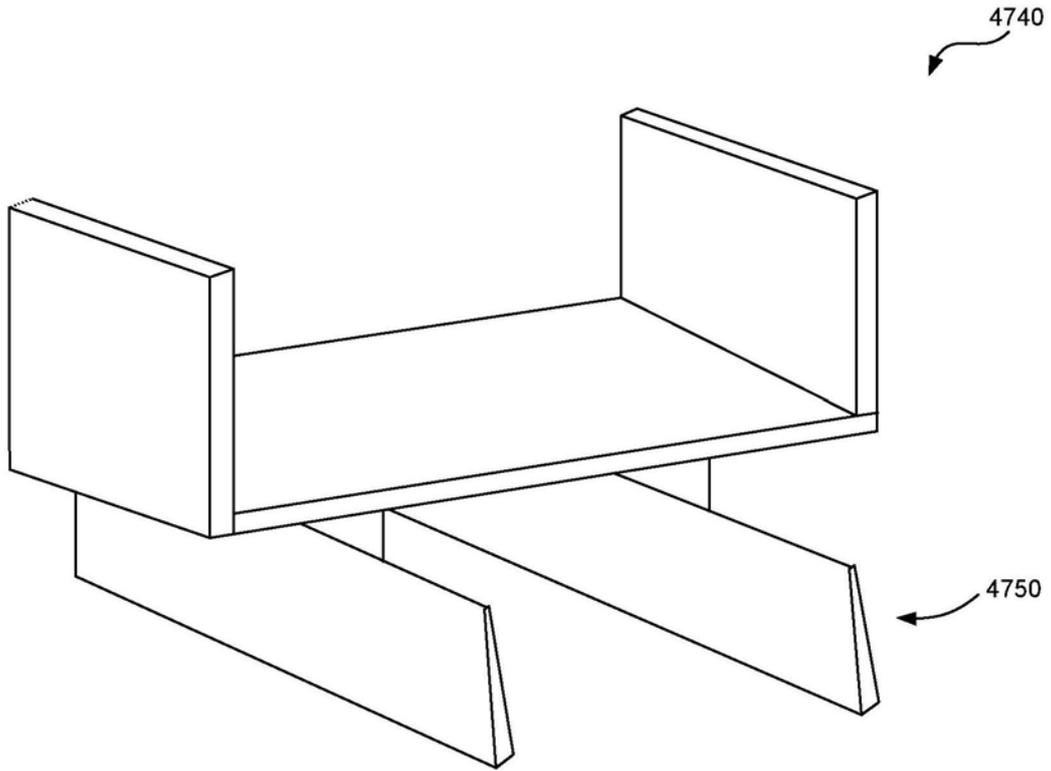


图47

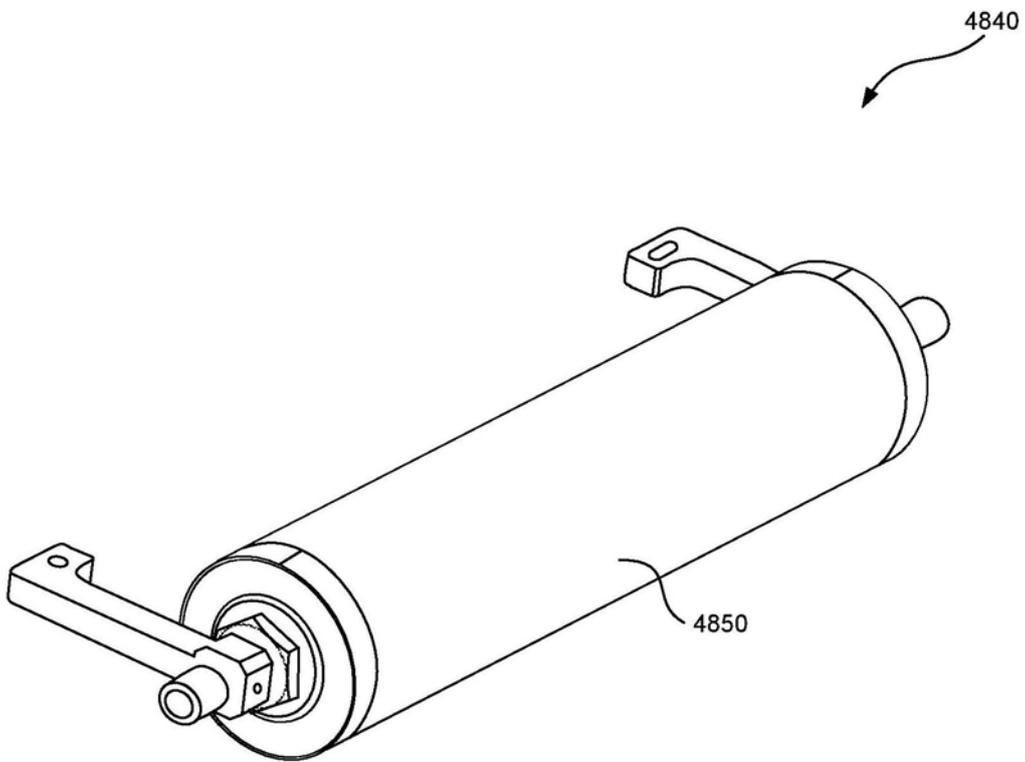


图48

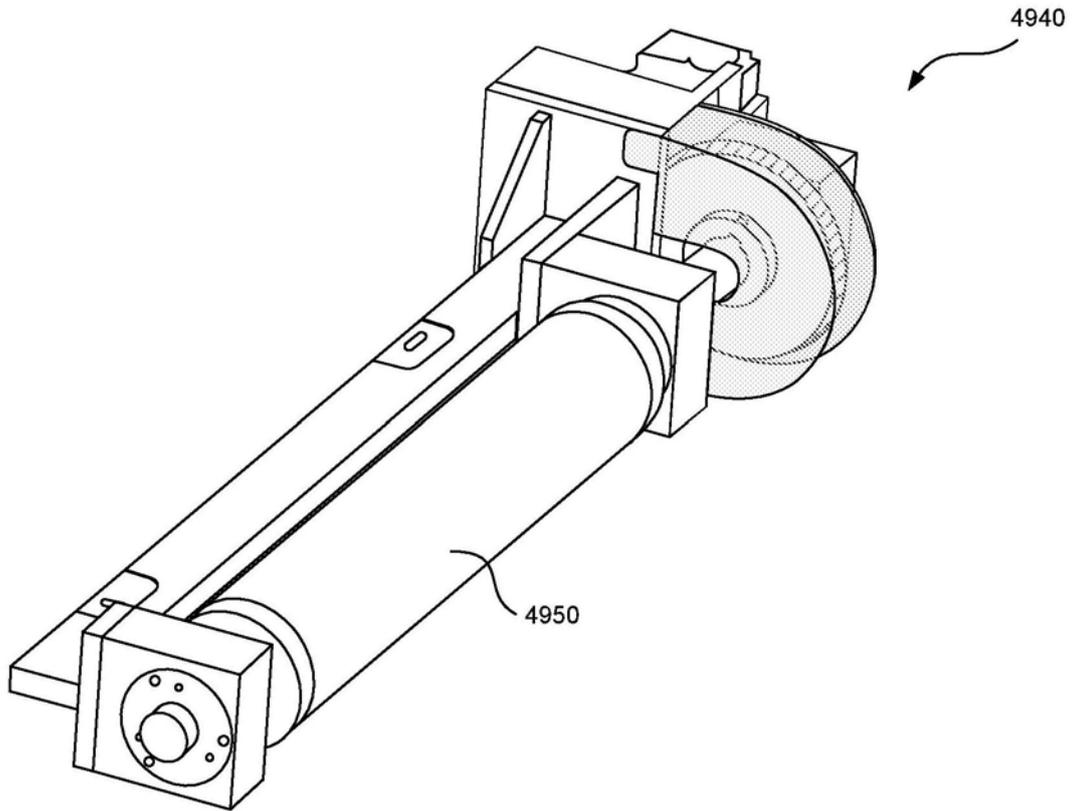


图49

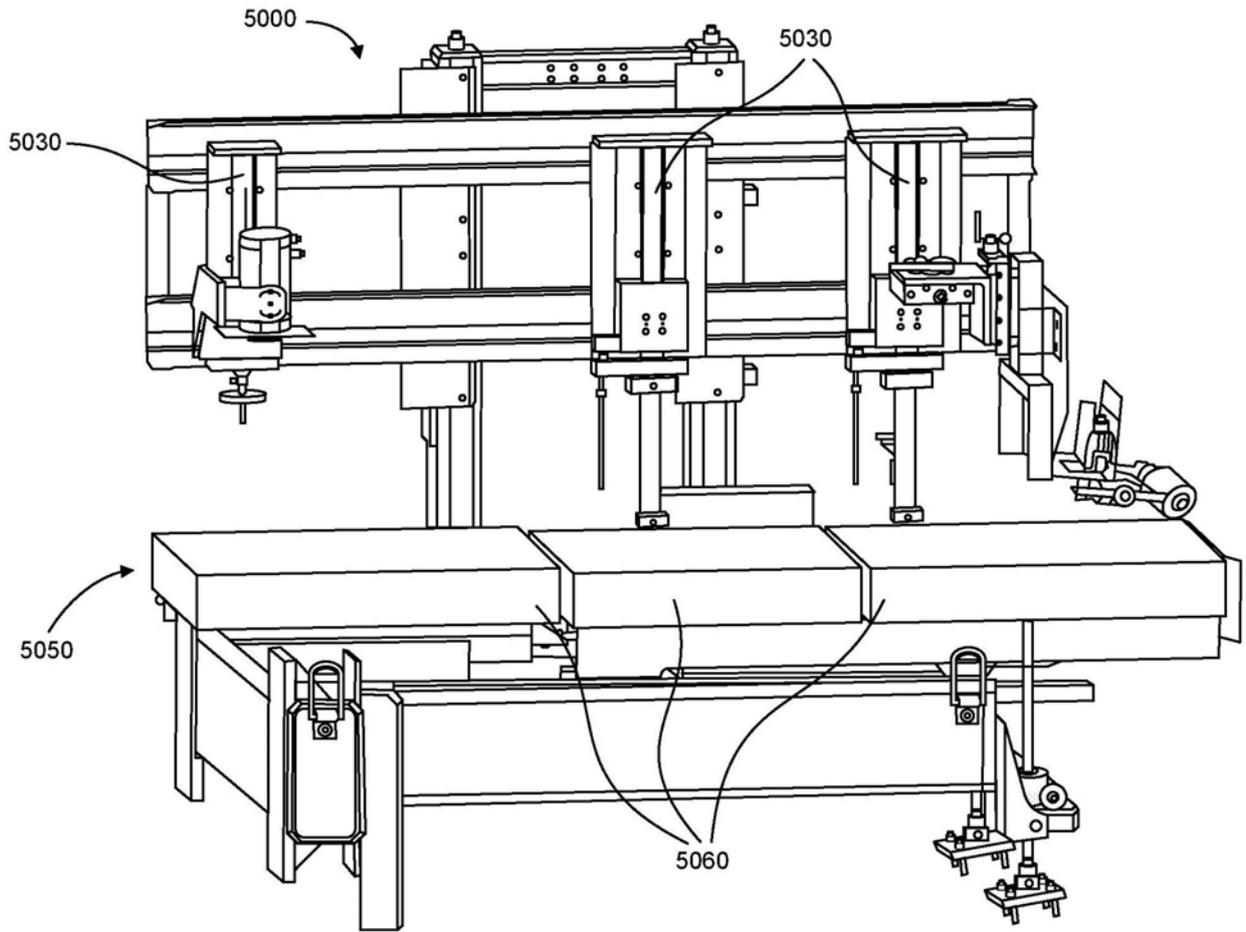


图50

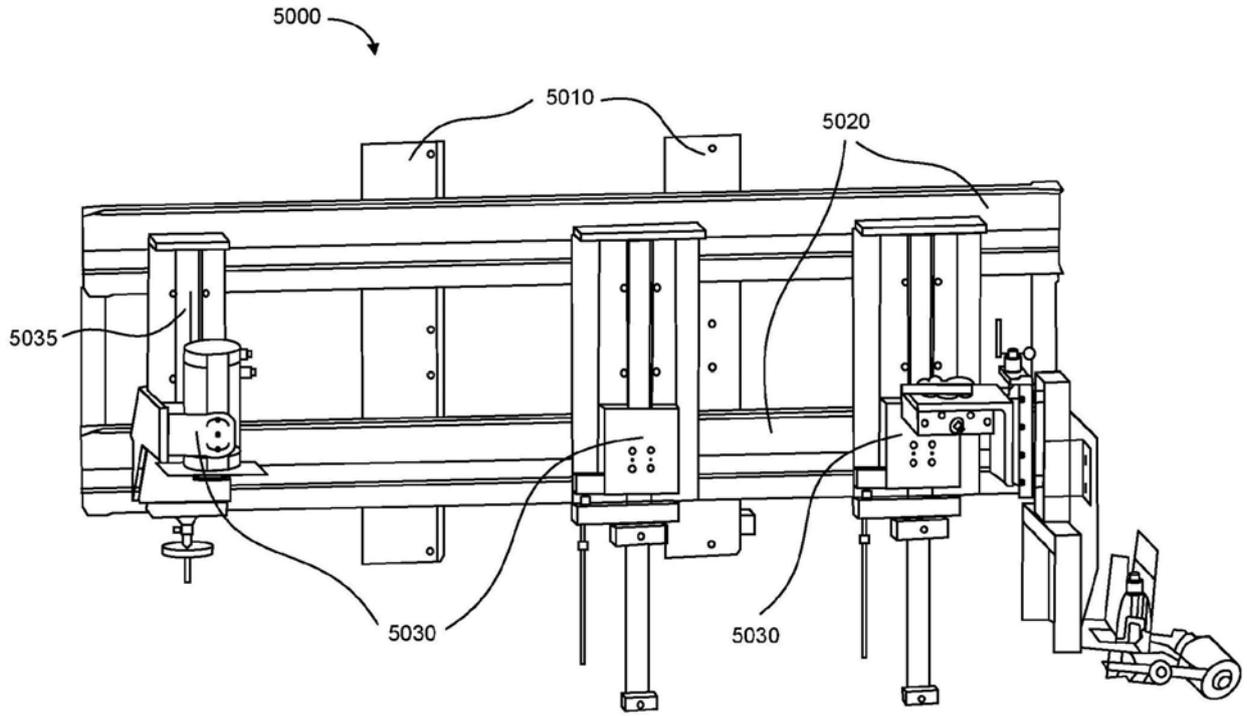


图51

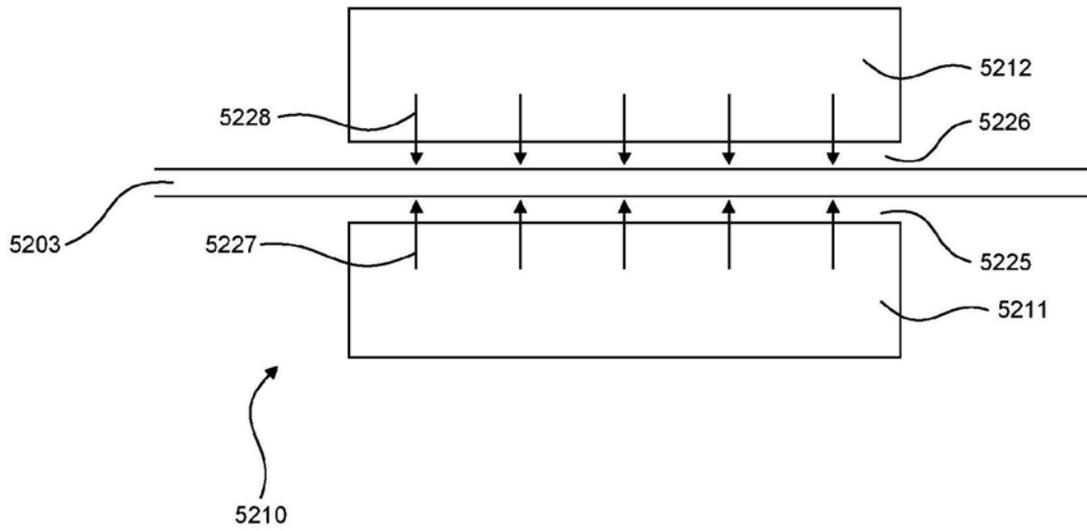


图52

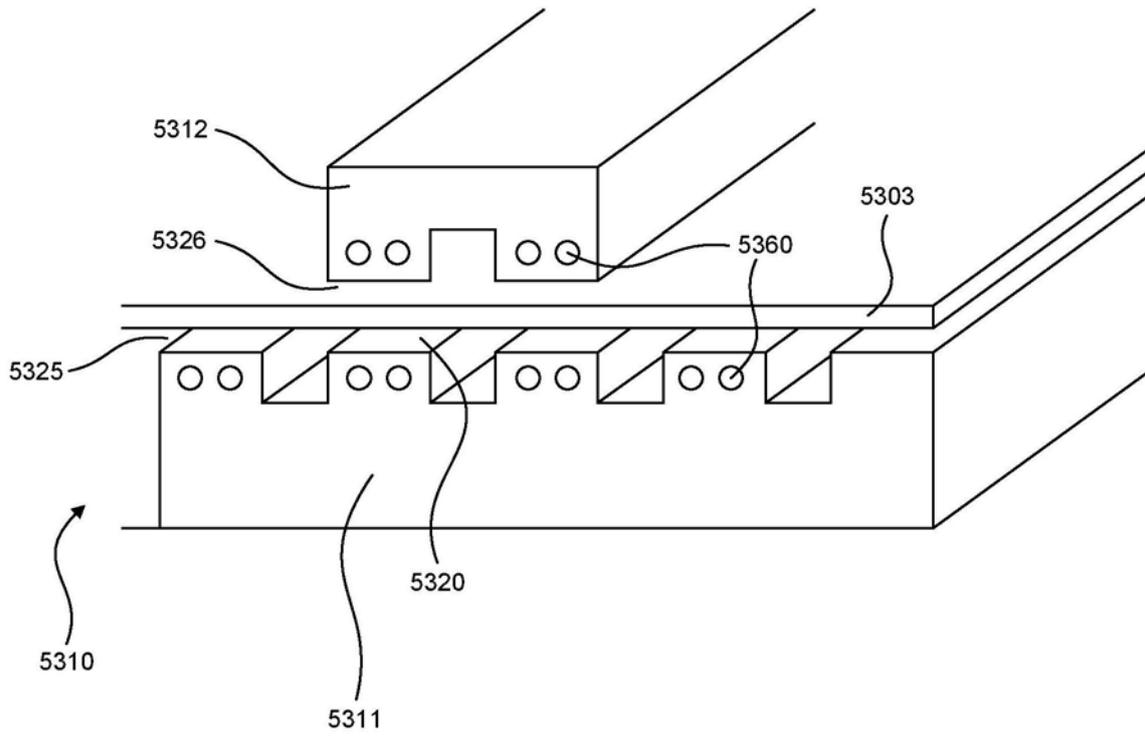


图53

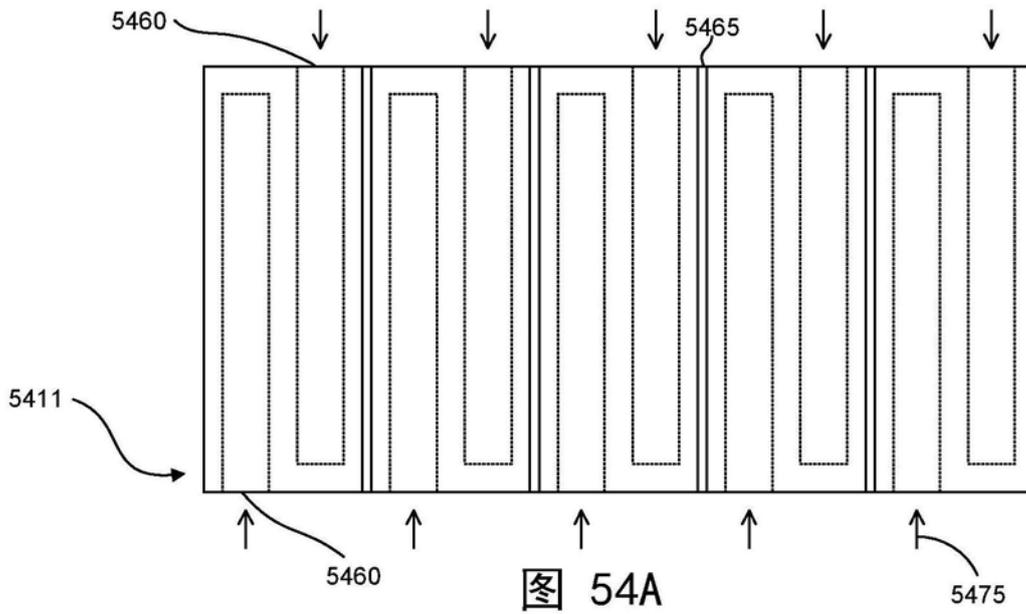


图 54A

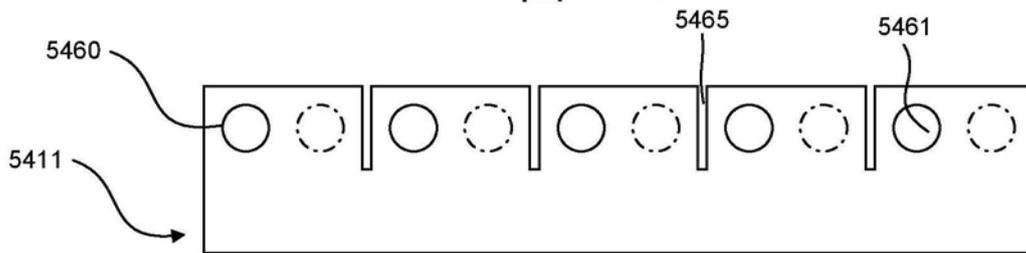


图 54B

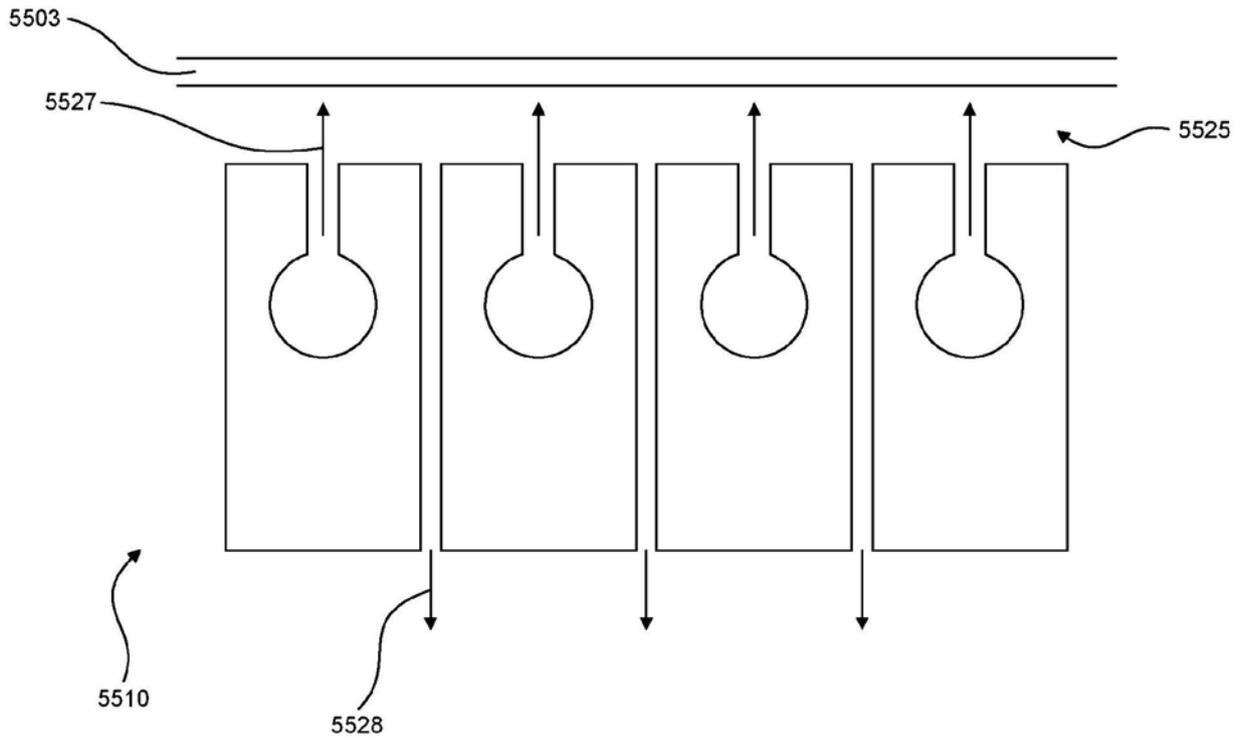


图55

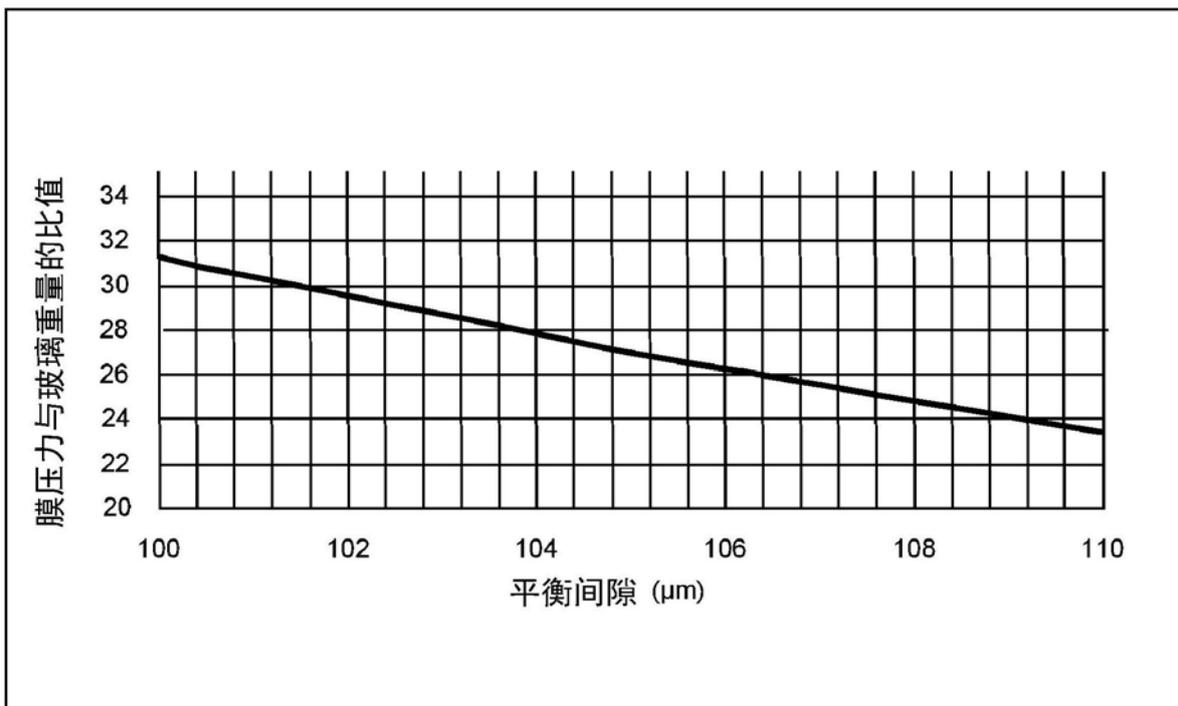


图56