



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109923077 B

(45) 授权公告日 2022.05.13

(21) 申请号 201780069113.9

(72) 发明人 G·德安格利斯 M·A·德拉米勒

(22) 申请日 2017.11.07

G·彼得斯

(65) 同一申请的已公布的文献号

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

申请公布号 CN 109923077 A

专利代理人 乐洪咏 郭辉

(43) 申请公布日 2019.06.21

(51) Int.CI.

(30) 优先权数据

C03B 5/425 (2006.01)

62/419,133 2016.11.08 US

C03B 5/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

C03B 5/02 (2006.01)

2019.05.08

C03B 5/027 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

C03B 5/03 (2006.01)

PCT/US2017/060474 2017.11.07

C03B 5/16 (2006.01)

(87) PCT国际申请的公布数据

C03B 5/167 (2006.01)

W02018/089387 EN 2018.05.17

审查员 林凤河

(73) 专利权人 康宁股份有限公司

权利要求书2页 说明书8页 附图3页

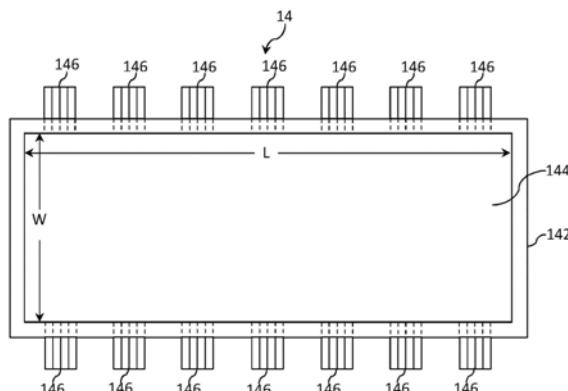
地址 美国纽约州

(54) 发明名称

玻璃熔体输送系统容器和制造玻璃制品的方法

(57) 摘要

玻璃熔体输送系统容器具有由耐火材料如氧化锆制成的至少一个侧壁和底板以及延伸穿过耐火材料的至少一个电极。所述至少一个电极构造在至少约1600°C的平均温度加热与耐火材料接触的玻璃熔体，而不超出与玻璃熔体接触的耐火材料的击穿条件。



1. 一种玻璃熔体输送系统容器,包含:

底板和至少一个侧壁,其中所述底板和至少一个侧壁包含耐火材料;

延伸穿过所述耐火材料的至少一个电极;

其中所述至少一个电极构造成在至少1600℃的平均温度加热与耐火材料接触的玻璃熔体,而不超出与玻璃熔体接触的耐火材料的击穿条件,

其中所述容器包含两个相对侧壁,每个相对侧壁包含至少两个从侧壁延伸穿过的电极,其中在侧壁的长度方向上,电极之间的最近距离与电极的宽度之比在0.8:1至2.4:1的范围内,其中所述底板与每个电极的底面之间的垂直距离是每个电极在垂直方向上的长度的至少5%。

2. 根据权利要求1所述的玻璃熔体输送系统容器,其中耐火材料包含氧化锆。

3. 根据权利要求1所述的玻璃熔体输送系统容器,其中所述容器构造成在至少1600℃的平均温度将与耐火材料接触的玻璃熔体加热至少5,000小时的时间。

4. 根据权利要求1所述的玻璃熔体输送系统容器,其中所述容器构造成接收玻璃熔体,所述玻璃熔体的深度是所述容器的宽度的至少50%。

5. 根据权利要求1所述的玻璃熔体输送系统容器,其中所述容器构造成接收玻璃熔体,所述玻璃熔体的深度是所述容器的宽度的至少70%。

6. 根据权利要求1所述的玻璃熔体输送系统容器,其中所述容器具有长度和宽度,且长宽比在2.4:1至3.6:1的范围内。

7. 根据权利要求1所述的玻璃熔体输送系统容器,其中容器内玻璃熔体的体积(V)和所述底板与所述至少一个电极的底面之间的垂直距离(Y)满足关系 $(V)/(Y)^3 < 60,000$ 。

8. 根据权利要求1所述的玻璃熔体输送系统容器,其中所述至少一个电极包含向容器的内部腔室中延伸预定距离的细长体。

9. 根据权利要求8所述的玻璃熔体输送系统容器,其中所述至少一个电极沿着相对于与底板平行的平面成0度至75度角的方向延伸。

10. 根据权利要求8所述的玻璃熔体输送系统容器,其中所述容器包含至少一个含有从底板上的位置向容器的内部腔室中延伸预定距离的细长体的电极,所述位置与所述至少一个侧壁相距预定距离。

11. 根据权利要求1所述的玻璃熔体输送系统容器,其中所述至少一个电极包含选自下组的至少一种材料,该组由以下各项组成:锡、钼、铂以及它们的合金和氧化物。

12. 一种制造玻璃制品的方法,所述方法包括在玻璃熔体输送系统容器中处理玻璃组合物,所述玻璃熔体输送系统容器包含:

底板和至少一个侧壁,其中所述底板和至少一个侧壁包含耐火材料;

延伸穿过所述耐火材料的至少一个电极;

其中所述至少一个电极在至少1600℃的平均温度加热与耐火材料接触的玻璃熔体,而不超出与玻璃熔体接触的耐火材料的击穿条件,

其中所述容器包含两个相对侧壁,每个相对侧壁包含至少两个从侧壁延伸穿过的电极,其中在侧壁的长度方向上,电极之间的最近距离与电极的宽度之比在0.8:1至2.4:1的范围内,其中所述底板与每个电极的底面之间的垂直距离是每个电极在垂直方向上的长度的至少5%。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中耐火材料包含氧化锆。
14. 根据权利要求12所述的方法,其中与耐火材料接触的玻璃熔体在至少1600℃的平均温度加热至少5,000小时的时间。
15. 根据权利要求12所述的方法,其中所述容器具有长度和宽度,且长宽比在2.4:1至3.6:1的范围内。
16. 根据权利要求15所述的方法,其中玻璃熔体的深度为容器的宽度的至少50%。
17. 根据权利要求15所述的方法,其中每个相对侧壁具有N个电极,每个电极具有宽度A,使得N×A是容器的长度的30-50%。
18. 根据权利要求12所述的方法,其中容器内玻璃熔体的体积(V) 和所述底板与所述至少一个电极的底面之间的垂直距离(Y) 满足关系 $(V) / (Y)^3 < 60,000$ 。
19. 根据权利要求12所述的方法,其中所述至少一个电极包含向容器的内部腔室中延伸预定距离的细长体。
20. 根据权利要求19所述的方法,其中所述至少一个电极沿着相对于与底板平行的平面成0度至75度角的方向延伸。
21. 根据权利要求19所述的方法,其中所述容器包含至少一个含有从底板上的位置向容器的内部腔室中延伸预定距离的细长体的电极,所述位置与所述至少一个侧壁相距预定距离。
22. 根据权利要求12所述的方法,其中所述至少一个电极包含选自下组的至少一种材料,该组由以下各项组成:锡、钼、铂以及它们的合金和氧化物。

玻璃熔体输送系统容器和制造玻璃制品的方法

[0001] 本申请根据35 U.S.C. §119要求2016年11月8日提交的美国临时申请系列第62/419,133号的优先权，其内容作为本申请的基础并且通过参考完整地结合于此。

[0002] 领域

[0003] 本发明总体涉及玻璃熔体输送系统容器，更具体地涉及用于高温玻璃制造的容器。

[0004] 背景

[0005] 用于例如高分辨率显示器应用的玻璃组合物可能具有相当高的熔融温度。这种组合物往往在玻璃熔体输送系统容器中熔融，例如在容器壁与玻璃熔体之间的界面上具有耐火材料的熔融容器或熔炉。利用电极和/或可燃流体的燃烧为熔融容器提供能量。

[0006] 然而，高温玻璃熔体对耐火材料具有腐蚀性，倾向于使耐火体随时间推移而变薄，这反过来会限制容器寿命。此外，耐火材料的腐蚀会在玻璃成品中造成不利的缺陷，包括由于耐火材料溶解到玻璃熔体中而造成的缺陷。因此，耐腐蚀性是玻璃熔体输送系统容器耐火材料的重要性质。

[0007] 玻璃熔体输送系统容器耐火材料的其他重要性质包括抗热冲击性和电阻率。在这方面，抗热冲击性和电阻率针对的是耐火材料可能失效的问题，根据失效程度，熔融容器的使用寿命可能缩短，或者耐火材料的受影响区域会产生固体缺陷。

[0008] 例如，耐火材料的电阻率必须足够高，使得导电主要发生在玻璃熔体内而不是耐火材料内。一般地，当玻璃熔体的电阻率显著低于耐火体的电阻率时，实际不用太担心该问题。不过，当玻璃熔体的电阻率大致等于或者高于耐火体的电阻率时，它就可能是严重问题。玻璃熔体与耐火体之间的相对电阻率差异不仅依赖于组成，而且依赖于温度。例如，耐火材料的导电性随温度升高而增强，因而在高温玻璃熔融操作中占主导地位的温度下，在耐火材料与具体玻璃熔体之间的界面处，耐火材料的电阻率可能低于玻璃熔体的电阻率，而在较低温度下，耐火体的电阻率可能高于同一玻璃熔体的电阻率。

[0009] 耐火材料相对于玻璃熔体的电阻率影响耐火材料内产生的能量。耐火材料内产生的能量也受其他因素影响，包括耐火材料的几何特征、电极之间的路径长度和电极之间的电压。击穿条件可描述为这样一种条件，在该条件下，耐火材料中产生的能量高于能够通过耐火材料的热损耗散失的能量。取决于在玻璃熔体界面从耐火材料传递的热量和从热耐火体到耐火体冷端面的热传递，这可反过来形成不利的失控条件，在该条件下，耐火材料的温度升高至其熔点。一旦超过熔点，即使在耐火体冷却后，耐火体的电阻率可能永久性降低，这由熔融和再冷却过程或者与附近其他耐火体的化学混合造成。这种降低的电阻率使恢复后更有可能超出击穿条件。最终，若无法在不超出耐火体击穿条件的情况下维持所需的玻璃熔体温度，则生产工艺必须关停，带来重建系统的成本并损失生产时间。

[0010] 概述

[0011] 本文所述的实施方式包括玻璃熔体输送系统容器。玻璃熔体输送系统容器包括至少一个侧壁和底板，其中所述至少一个侧壁和底板包括耐火材料。玻璃熔体输送系统容器还包括延伸穿过耐火材料的至少一个电极。所述至少一个电极构造成在至少约1600°C的平

均温度加热与耐火材料接触的玻璃熔体,而不超出与玻璃熔体接触的耐火材料的击穿条件。

[0012] 本文所述的实施方式还包括制造玻璃制品的方法。该方法包括在玻璃熔体输送系统容器中处理玻璃组合物。玻璃熔体输送系统容器包括至少一个侧壁和底板,其中所述至少一个侧壁和底板包含耐火材料。玻璃熔体输送系统容器还包括延伸穿过耐火材料的至少一个电极。所述至少一个电极在至少约1600℃的平均温度加热与耐火材料接触的玻璃熔体,而不超出与玻璃熔体接触的耐火材料的击穿条件。

[0013] 本文所述的实施方式还包括通过上述方法制造的玻璃制品,如玻璃片,以及包含通过上述方法制造的玻璃片的电子设备。

[0014] 在以下的详细描述中给出了本文所述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各种实施方式而被认识。

[0015] 应理解,前面的一般性描述和以下的详细描述都意在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。所包括的附图用来提供进一步的理解,附图被结合在本说明书中并构成说明书的一部分。附图展示了本公开的各种实施方式,与说明书一起用来解释其原理和操作。

[0016] 附图简述

[0017] 图1是示例性熔合下拉玻璃制造方法的示意图;

[0018] 图2是根据本文公开的实施方式的玻璃熔融容器的俯视剖面图;

[0019] 图3是图2所示玻璃熔融容器的侧视图;

[0020] 图4是根据本文公开的实施方式的玻璃熔融容器的俯视剖面图;以及

[0021] 图5是图4所示玻璃熔融容器的端部剖面图。

[0022] 详细描述

[0023] 下面将详细描述本公开的优选实施方式,其实例示于附图中。在任何可能的情况下,相同的附图标记在所有附图中用来指示相同或类似的部分。不过,本公开可体现为许多不同的形式,不应曲解为限于本文给出的这些实施方式。

[0024] 本文中,范围可以表示为自“约”一个具体值始和/或至“约”另一个具体值止。当表述这种范围时,另一个实施方式包括自该一个具体值始和/或至该另一具体值止。类似地,当例如使用先行词“约”表示数值为近似值时,应理解,具体数值构成另一个实施方式。还应理解的是,每个范围的端点值在与另一个端点值有关和与另一个端点值无关时,都是有意义的。

[0025] 本文所用的方向术语——例如,上、下、右、左、前、后、顶、底——仅仅是就所画的图而言的,没有暗示绝对取向的意图。

[0026] 除非另有明确表述,否则,绝无意图将本文所述的任何方法解读为需要使其步骤以具体顺序进行,或者需要装置采取任何具体取向。因此,在方法权利要求没有实际叙述其步骤遵循的顺序时,或者在任何装置权利要求没有实际叙述各个部件的顺序或取向时,或者在权利要求或说明书中没有另行具体声明步骤限于具体顺序,或者装置中各部件的具体顺序或取向没有被叙述时,绝无意图在任何方面推定顺序或取向。对用于解释的任何可能的非明确陈述的基础,这同样成立,包括:涉及步骤安排、操作流程、部件顺序或部件取向的

逻辑事项；由语法组织或标点符号衍生的直白语意；说明书中所述实施方式的编号或类型。

[0027] 除非上下文另外清楚地说明，否则，本文所用的单数形式的“一个”、“一种”和“该”包括复数指代。因此，例如，对“一种”组分的指称包括具有两种或更多种此类组分的方面，除非上下文有明确相反的指示。

[0028] 如本文所用，术语“玻璃熔体输送系统容器”包括玻璃熔体输送系统中使用的任何容器，其中利用电阻加热来加热玻璃组合物和/或将玻璃组合物的温度维持为高于预定的温度或者维持在预定温度范围之内。玻璃熔体输送系统容器的例子包括本文所述的熔融容器、澄清容器和连接导管。

[0029] 如本文所述，术语“耐火材料击穿条件”是指这样的条件，在该条件下，耐火材料中产生的能量高于能够通过热损耗从耐火材料消散的能量，使得随着时间推移，由于达到耐火材料的击穿条件，耐火材料的至少一个机械性质受到不利影响。

[0030] 图1示出了示例性玻璃制造装置10。在一些例子中，玻璃制造装置10可包含玻璃熔炉12，该玻璃熔炉12可包括熔融容器14。除熔融容器14外，玻璃熔炉12可任选包括一个或多个附加部件，如加热元件（例如燃烧炉或电极），用于加热原料并将原料转化为熔融玻璃。在另一些例子中，玻璃熔炉12可包括减少熔融容器附近热损失的热管理设备（例如绝热部件）。在又一些例子中，玻璃熔炉12可包括电子设备和/或机电设备，其帮助原料熔融为玻璃熔体。更进一步，玻璃熔炉12可包括支承结构（例如支承底座、支承件等）或其他部件。

[0031] 玻璃熔融容器14通常包含耐火材料，如耐火陶瓷材料，例如包含氧化铝或氧化锆的耐火陶瓷材料。在一些例子中，玻璃熔融容器14可由耐火陶瓷砖构成。玻璃熔融容器14的具体实施方式将在下面更详细描述。

[0032] 在一些例子中，玻璃熔炉可作为部件结合到玻璃制造装置中，用于制造玻璃基板，例如具有连续长度的玻璃带。在一些例子中，本公开的玻璃熔炉可作为部件结合到玻璃制造装置中，该装置包括狭缝拉制装置、浮法金属液槽装置、下拉装置（如熔合法）、上拉装置、压轧装置、管材拉拔装置或任何其他能受益于本文所述各方面的玻璃制造装置。举例而言，图1示意性呈现了玻璃熔炉12，其作为熔合下拉法玻璃制造装置10的部件，用于熔合拉制玻璃带，该玻璃带随后加工成单个玻璃片。

[0033] 玻璃制造装置10（例如熔合下拉装置10）可任选包含上游玻璃制造装置16，其位于玻璃熔融容器14上游。在一些例子中，一部分或整个上游玻璃制造装置16可作为一部分结合在玻璃熔炉12上。

[0034] 如图示例子所示，上游玻璃制造装置16可包含储料箱18、原料输送设备20和与原料输送设备连接的电机22。储料箱18可构造成储存一定量的原料24，该原料24可如箭头26所示送至玻璃熔炉12的熔融容器14中。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。在一些例子中，原料输送设备20可由电机22提供动力，使得原料输送设备20将预定量的原料24从储料箱18递送至熔融容器14。在另一些例子中，电机22可为原料输送设备20提供动力，根据熔融容器14下游探测到的熔融玻璃液位以受控速率引入原料24。随后，熔融容器14内的原料24可被加热，形成熔融玻璃28。

[0035] 玻璃制造装置10还可任选包含位于玻璃熔融容器12下游的下游玻璃制造装置30。在一些例子中，一部分下游玻璃制造装置30可作为一部分结合在玻璃熔炉12上。在一些例子中，下文所讨论的第一连接导管32或者下游玻璃制造装置30的其他部分可作为一部分结

合在玻璃熔炉12上。下游玻璃制造装置的构件(包括第一连接导管32)可由贵金属形成。合适的贵金属包括选自下面这组金属的铂族金属,该组由铂、铱、铑、锇、钌和钯组成,或其合金。例如,玻璃制造装置的下游部件可由包含约70-90重量%的铂和约10-30重量%的铑的铂-铑合金形成。不过,其他合适的金属可包括钼、钯、铼、钽、钛、钨及其合金。

[0036] 下游玻璃制造装置30可包含第一调理(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导管32结合至熔融容器14。在一些例子中,熔融玻璃28可借助于重力从熔融容器14经第一连接导管32送至澄清容器34。例如,重力可导致熔融玻璃28从熔融容器14穿过第一连接导管32的内部路径到达澄清容器34。不过,应当理解,在熔融容器14下游,例如在熔融容器14与澄清容器34之间,可以设置其他调理容器。在一些实施方式中,可在熔融容器与澄清容器之间采用调理容器,来自初始熔融容器的熔融玻璃在该调理容器中进一步加热,以继续熔融过程,或者在进入澄清容器之前冷却至低于熔融容器中熔融玻璃温度的温度。

[0037] 在澄清容器34中,可通过多种技术从熔融玻璃28中除去气泡。例如,原料24可包括多价化合物(即澄清剂),如氧化锡,其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括但不限于砷、锑、铁和铈。将澄清容器34加热至高于熔融容器温度的温度,从而加热熔融玻璃和澄清剂。由温度引发的澄清剂的化学还原所产生的氧气泡在澄清器内上升通过熔融玻璃,熔炉内产生的熔融玻璃中的气体能扩散或聚并到澄清剂产生的氧气泡中。然后,扩大的气泡能上升到澄清容器内熔融玻璃的自由表面,随后排出澄清容器。氧气泡可进一步引发澄清容器内熔融玻璃的机械混合。

[0038] 下游玻璃制造装置30可进一步包含另一调理容器,如用于混合熔融玻璃的混合容器36。混合容器36可位于澄清容器34下游。混合容器36可用来提供均匀的玻璃熔体组合物,由此减少化学不均匀或热不均匀的玻筋(cord);否则,玻筋会存在于离开澄清容器的经过澄清的熔融玻璃中。如图所示,澄清容器34可通过第二连接导管38结合至混合容器36。在一些例子中,熔融玻璃28可借助于重力从澄清容器34经第二连接导管38送至混合容器36。例如,重力可导致熔融玻璃28从澄清容器34穿过第二连接导管38的内部路径到达混合容器36。应当注意,尽管图中显示混合容器36位于澄清容器34下游,但混合容器36也可位于澄清容器34上游。在一些实施方式中,下游玻璃制造装置30可包含多个混合容器,例如位于澄清容器34上游的混合容器和位于澄清容器34下游的混合容器。这些多个混合容器可具有相同设计,或者它们可具有不同设计。

[0039] 下游玻璃制造装置30还可包含另一个调理容器,如输送容器40,其可位于混合容器36下游。输送容器40可调理将被送入下游成形设备的熔融玻璃28。例如,输送容器40可用作蓄积器和/或流动控制器,用来调节和/或提供熔融玻璃28的恒定物料流,使其经出口导管44进入成形体42。如图所示,混合容器36可通过第三连接导管46结合至输送容器40。在一些例子中,熔融玻璃28可借助于重力从混合容器36经第三连接导管46送至输送容器40。例如,重力可导致熔融玻璃28从混合容器36穿过第三连接导管46的内部路径到达输送容器40。

[0040] 下游玻璃制造装置30还可包含成形装置48,其包含上面提到的成形体42和入口导管50。出口导管44可设置成将熔融玻璃28从输送容器40输送至成形装置48的入口导管50。例如,在一些例子中,出口导管44可嵌套在入口导管50内并与入口导管50的内表面间隔开,

从而在出口导管44的外表面与入口导管50的内表面之间提供熔融玻璃的自由表面。熔合下拉法玻璃制造装置中的成形体42可包含槽52和会聚成形表面54，所述槽52位于成形体上表面上，所述会聚成形表面54在拉制方向沿着成形体的底部边缘56会聚。经由输送容器40、出口导管44和入口导管50输送至成形体槽中的熔融玻璃从槽的侧壁溢流，并沿着会聚成形表面54下降，形成分开的熔融玻璃流。分开的熔融玻璃流在底部边缘56下面沿着底部边缘56接合，产生单一玻璃带58，通过向该玻璃带58施加张力，例如借助于重力、边缘辊和牵拉辊（未示出），从底部边缘56沿着拉制方向拉动玻璃带58，从而随着玻璃冷却和玻璃粘度增加而控制玻璃带的尺寸。因此，玻璃带58经历粘性-弹性转变，获得机械性质，赋予玻璃带58稳定的尺寸特性。在一些实施方式中，在玻璃带的弹性区，玻璃带58可通过玻璃分离装置100分离成单个玻璃片62。然后，自动机械64利用抓握工具65将单个玻璃片62转移到传送系统上，单个玻璃片可接着进一步加工。

[0041] 图2是具有侧壁142和底板144的玻璃熔融容器14的俯视剖面图，其中侧壁142和底板144各自包含耐火材料。熔融容器具有长度(L)和宽度(W)。熔融容器14还包含延伸穿过侧壁142的多个电极146。具体而言，在图2所示的实施方式中，熔融容器14包含两个相对侧壁142，每个相对侧壁包含从其中延伸穿过的多个电极146。

[0042] 图3是图2所示玻璃熔融容器14的侧视图，显示了侧壁142、底板144和多个电极146。图3中的线282表示玻璃熔体线，其中玻璃熔体深度用(D)指示。在图2所示的实施方式中，每个电极包含多个电极材料块的堆叠体，形成连续的整体式电极体。在图3所示的实施方式中，每个电极包含单个连续材料棒以形成电极，电极底部可形成螺纹，以便在底部增加额外的电极材料，使电极能被推入熔体，从而补偿电极磨损。

[0043] 电极146可包含对高温玻璃熔体显示出适当耐腐蚀性的任何难熔导电材料。示例性电极材料包括但不限于选自下组的至少一种材料，该组由以下各项组成：锡、钼、铂以及它们的合金和氧化物。

[0044] 侧壁144和底板142各自包含耐火材料，如耐火陶瓷砖材料，所述耐火材料对高温玻璃熔体具有良好的耐腐蚀性，同时具有较高电阻率。示例性耐火材料包括氧化铝和氧化锆。在某些示例性实施方式中，侧壁144和底板142各自包含氧化锆，且可基本上由氧化锆组成，如具有较高电阻率的氧化锆材料，如美国专利第7,687,422号、美国专利第7,655,587号和美国专利公开第2008/0076659号所公开的至少一种氧化锆材料，这些文献的完整内容通过参考纳入本文。

[0045] 电极146连接到优选具有交流电压的电源（未示出），该电源提供受控电流，以所需电流密度分布通过玻璃熔体，该电流根据焦耳定律 $P=I^2R$ 产生所需热能供给玻璃熔体，其中P是电热功率，I是电流，R是玻璃熔体在熔融条件下的电阻率。尽管图2和图3所示的实施方式显示熔融容器14包含多个电极146，其中由直接接触玻璃熔体的电极146提供并通过玻璃熔体的电流实现了焦耳加热，但应理解，本文所述的实施方式还包括这样一些实施方式，其中附加采用燃料（如天然气等）的燃烧火焰使熔炉达到高操作温度，在该高操作温度下获得玻璃熔体。

[0046] 在图2和图3所示的实施方式中，可采用电极推动机构（图2或3中未示出）来推动至少一个电极146朝着玻璃熔融容器14的中心向内移动。在至少一个实施方式中，每个电极材料块可连接至分开的、独立的电极推动机构。在至少一个实施方式中，电极推动机构可包含

至少一个直接或间接与电极尾部连接的棒,由此可对电极尾部施加外推力。在至少一个实施方式中,电极推动机构可包含自动化电机,该自动化电机适合间歇驱动施力器,该施力器直接或间接与电极尾部连接。可用于本文所述实施方式的电极推动机构的上述及其他方面见述于欧洲专利公开第2530057号,其完整内容通过参考纳入本文。

[0047] 从图2和图3可以看出,本文所述的实施方式包括这样的实施方式,其中玻璃熔融容器14包含至少一个侧壁142和底板144,其中所述至少一个侧壁和底板包含耐火材料,至少一个电极146延伸穿过至少一个侧壁。所述至少一个电极146构造成将与耐火材料接触的玻璃熔体加热到至少约1600°C的平均温度,如至少约1625°C,又如至少约1650°C,再如至少约1675°C,包括约1600-1700°C,加热时间至少约100小时,如至少约200小时,又如至少约500小时,再如至少约1000小时,但不超出与玻璃熔体接触的耐火材料的击穿条件。

[0048] 在示例性实施方式中,来自至少一个电极146的外加电压应至少足以实现在至少约1600°C(如至少约1625°C,又如至少约1650°C,再如至少约1675°C,包括约1600-1700°C)的平均温度加热玻璃熔体至少约5,000小时的时间(如至少约10,000小时的时间,又如至少约50,000小时的时间,再如至少约100,000小时的时间)。示例性外加电极电压包括至少约200伏,如至少约400伏,又如至少约600伏,再如至少约800伏,还如至少约1000伏,包括约200-1500伏,如约400-1100伏。

[0049] 玻璃熔体通常还将具有“热点”温度,它可定义为玻璃熔体在特定位点达到的最高温度。热点温度可预期比玻璃熔体的平均温度高至少50°C,因而本文公开的实施方式包括这样的实施方式,其中所述至少一个电极146构造成将与耐火材料接触的玻璃熔体加热到至少约1650°C的热点温度,如至少约1675°C,又如至少约1700°C,再如至少约1725°C,包括约1650-1750°C,加热时间至少约5,000小时,如至少约10,000小时,又如至少约50,000小时,再如至少约100,000小时,包括约5,000小时至约200,000小时,但不超出与玻璃熔体接触的耐火材料的击穿条件。

[0050] 在某些示例性实施方式中,当熔融容器具有预定范围内的尺寸时,可以达成上面所述的那些条件。例如,这样的条件可包括:熔融容器具有例如如图2所示的长度(L)和宽度(W),长宽比在约2.4:1至约3.6:1的范围内,如约2.6:1至约3.4:1,又如约2.8:1至约3.2:1,包括约3:1。

[0051] 此外,当玻璃熔体相对于熔融容器的宽度具有规定的深度时,可以达成上面所述的那些条件。例如,这样的条件可以包括:玻璃熔体具有例如如图3所示的深度(D)和例如如图2所示的宽度(W),玻璃熔体的深度是熔融容器的宽度的至少约50%,如至少约55%,又如至少约60%,再如至少约65%,还如至少约70%,例如约为熔融容器的宽度的50-80%。

[0052] 此外,当电极就其宽度和与相邻最近电极的接近度而言具有预定构造时,可以达成上面所述的那些条件。例如,这样的条件可以包括:熔融容器具有两个相对的侧壁,每个相对的侧壁包含至少两个从侧壁延伸穿过的电极,电极之间最近距离(例如如图3中(B)所示)与电极在侧壁长度方向上的宽度(例如如图3中(A)所示)之比在约0.8:1至约2.4:1的范围内,如约1:1至约2.2:1,又如约1.2:1至约2:1,包括约1.5:1。

[0053] 此外,当电极就其长度和与底板的距离而言具有预定构造时,可以达成上面所述的那些条件。例如,这样的条件可以包括:底板与每个电极的底面之间的垂直距离(例如如图3中(Y)所示)是每个电极在垂直方向上的长度(例如如图3中(X)所示)的至少约5%,如每

个电极在垂直方向上的长度的至少约10%，又如每个电极在垂直方向上的长度的至少约15%，包括每个电极在垂直方向上的长度的约5-20%。

[0054] 此外，当容器中玻璃熔体的体积跟底板与每个电极底面之间的距离之间存在规定的关系时，可以达成上面所述的那些条件，其中容器中玻璃熔体的体积(V)可用例如(L)×(W)×(D)表示，如图2和图3所示，而底板与每个电极底面之间的垂直距离可示为例如图3中的(Y)，其中(V)/(Y)³小于约60,000，如小于约40,000，又如小于约20,000，再如小于约10,000，如约1,000至约10,000，包括约2,000至约8,000，还包括约3,000至约6,000。

[0055] 尽管图2和图3的实施方式显示熔融容器14包含两个相对的侧壁142，每个相对侧壁142包含七个从侧壁延伸穿过的电极146，但应理解，本文所公开的实施方式可包括这样的实施方式，其中两个相对侧壁各自包含任意数量的电极，如至少一个电极，至少两个电极，至少三个电极，以此类推，在每个相对侧壁中包含1-100个电极，如2-50个电极，又如在每个相对侧壁中包含5-20个电极。例如，每个相对侧壁可具有N个电极，每个电极具有例如如图3所示的宽度(A)，其中电极之间最近距离(例如如图3所示的(B))满足前文所述的关系，并且N×A是例如如图2所示的熔融容器的长度(L)的至少约30%，如至少约35%，又如至少约40%，再如至少约45%，包括约30-50%。

[0056] 图4和图5分别显示了熔融容器14的替代实施方式的俯视剖面图和端部剖面图，所述熔融容器14包含多个电极，其中第一组电极148延伸穿过熔融容器14的侧壁142，第二组电极147延伸穿过熔融容器14的底板144。在图4和图5所示的实施方式中，每个电极包含细长体，所述细长体向熔融容器14的内部腔室中延伸预定距离。此外，第二组电极从底板144上离开所述至少一个侧壁142预定距离的位置延伸。

[0057] 由图5可以看出，第一组电极148中的每个电极沿着相对于与底板144平行的平面(P)成角度(a)的方向延伸。例如，角度(a)可在约0度至约75度的范围内，如约10度至约60度，又如约20度至约45度。

[0058] 虽然电极147和/或148的横截面几何特征不受限制，但在某些示例性实施方式中，电极147和/或148可具有基本上为圆柱形的形状，并具有基本上为圆形或椭圆形的横截面。其他横截面如正方形、矩形和三角形也是可能的。电极147和/或148的直径虽不受限制，但可以例如在约1-5英寸的范围内，如约2-4英寸，包括约3英寸。就结合图2和图3所述的实施方式而言，电极147和/或148可包含既具有难熔性又对高温玻璃熔体显示出适当的耐腐蚀性的任何导电材料。示例性电极材料包括但不限于选自下组的至少一种材料，该组由以下各项组成：锡、钼、铂以及它们的合金和氧化物。

[0059] 在某些实施方式中，第二组电极147可从底板上的位置向上延伸玻璃熔体深度的至少约60%，如至少约65%，又如至少约70%，包括约60-75%。这种电极还可以例如从最近的侧壁延伸一段距离，该段距离是熔融容器142的宽度的至少约5%，如至少约10%，又如至少约15%，如约5-20%。

[0060] 尽管在图5所示的实施方式中，电极147和148延伸到玻璃熔体中最远的部分大致在玻璃熔体中处于相同的高度，并且离开最近的侧壁大致相同的距离，但应理解，本文所公开的实施方式不限于此，还包括这样的实施方式，其中与电极148延伸到玻璃熔体中最远的部分相比，电极147延伸到玻璃熔体中最远的部分可以在玻璃熔体中处于更高或更低的高度并且与最近侧壁具有更近或更远的距离。还应理解，在某些实施方式中，各个电极147可

具有不同的高度、直径和/或离开最近侧壁的距离。此外，在某些实施方式中，各个电极148可向玻璃熔体中延伸不同距离，相对于与底板144平行的平面沿不同角度延伸，且/或具有不同直径。

[0061] 尽管图4和图5的实施方式显示熔融容器14包含两个相对侧壁142和底板144，每个相对侧壁142包含12个从侧壁延伸穿过的电极148，底板144包含24个从底板延伸穿过并相对于电极148交替布置的电极147，但应理解，本文所公开的实施方式可包括其他布置方式，包括这样的布置方式，其中相对侧壁和底板各自具有任意数量的从其中延伸穿过的电极，如延伸穿过每个相对侧壁和/或底板的至少一个电极，至少两个电极，至少三个电极，以此类推，包括延伸穿过每个相对侧壁和/或底板的1-100个电极，如延伸穿过每个相对侧壁和/或底板的2-50个电极，又如5-20个电极。例如，每个相对侧壁和/或底板可具有N个从其中延伸穿过的电极，其中电极之间的最近距离是熔融容器长度的约1-20%，如约2-15%，又如约3-10%，再如约4-8%，包括约5%。

[0062] 本文所公开的实施方式可结合各种玻璃组合物使用，包括具有相对更高或更低电阻率的玻璃组合物。例如，这种组合物可包括这样的玻璃组合物，如不含碱金属的玻璃组合物，其包含58-65重量%SiO2，14-20重量%Al2O3，8-12重量%B2O3，1-3重量%MgO，5-10重量%CaO和0.5-2重量%SrO。这种组合物还可包括这样的玻璃组合物，如不含碱金属的玻璃组合物，其包含58-65重量%SiO2，16-22重量%Al2O3，1-5重量%B2O3，1-4重量%MgO，2-6重量%CaO，1-4重量%SrO和5-10重量%BaO。这种组合物还可包括这样的玻璃组合物，如不含碱金属的玻璃组合物，其包含57-61重量%SiO2，17-21重量%Al2O3，5-8重量%B2O3，1-5重量%MgO，3-9重量%CaO，0-6重量%SrO和0-7重量%BaO。这种组合物还可包括这样的玻璃组合物，如含碱金属的玻璃组合物，其包含55-72重量%SiO2，12-24重量%Al2O3，10-18重量%Na2O，0-10重量%B2O3，0-5重量%K2O，0-5重量%MgO和0-5重量%CaO，其在某些实施方式中还可包含1-5重量%K2O和1-5重量%MgO。

[0063] 本文所公开的实施方式可用于生产玻璃制品，如用于电子设备的玻璃片，包括具有高分辨率显示器的电子设备，如电视机、平板电脑和智能电话。

[0064] 通过根据本文所公开的实施方式构造电极和熔融容器的几何特征，可在至少约1600°C的平均温度加热玻璃熔体，但不超出与玻璃熔体接触的耐火材料的击穿条件。在该方面，申请人所做的模拟实验表明，在至少约1600°C的玻璃和耐火体温度下，当玻璃包含上述任何组成且耐火体包含氧化锆时，相对于玻璃熔体内产生的能量，电极的构造和熔融容器的几何特征显著影响耐火材料在玻璃熔体界面产生的能量的多少。对于某些高温熔体操作，虽然足够高的电极功率一定能使玻璃熔体达到至少约1600°C的平均温度，但这样的功率在先前被预计超出了耐火材料在玻璃熔体界面处的击穿条件，特别是对于超过5,000小时的时间来说。本文所公开的实施方式包括本文所公开的电极构造和熔融容器几何特征，提供了此问题的解决方案，相对于其他构造和几何特征能够将耐火体内产生的能量减少至少30%。本文所公开的实施方式还能使熔体系统操作更灵活，其中可以利用具有不同电阻率和不同温度状态的不同玻璃组合物，而不需要改变熔体系统构造。

[0065] 对本领域的技术人员显而易见的是，可以在不偏离本公开的精神和范围的情况下对本公开的实施方式进行各种修改和变动。因此，本公开意在涵盖这样的修改和变动，只要它们落在所附权利要求及其等同物的范围内即可。

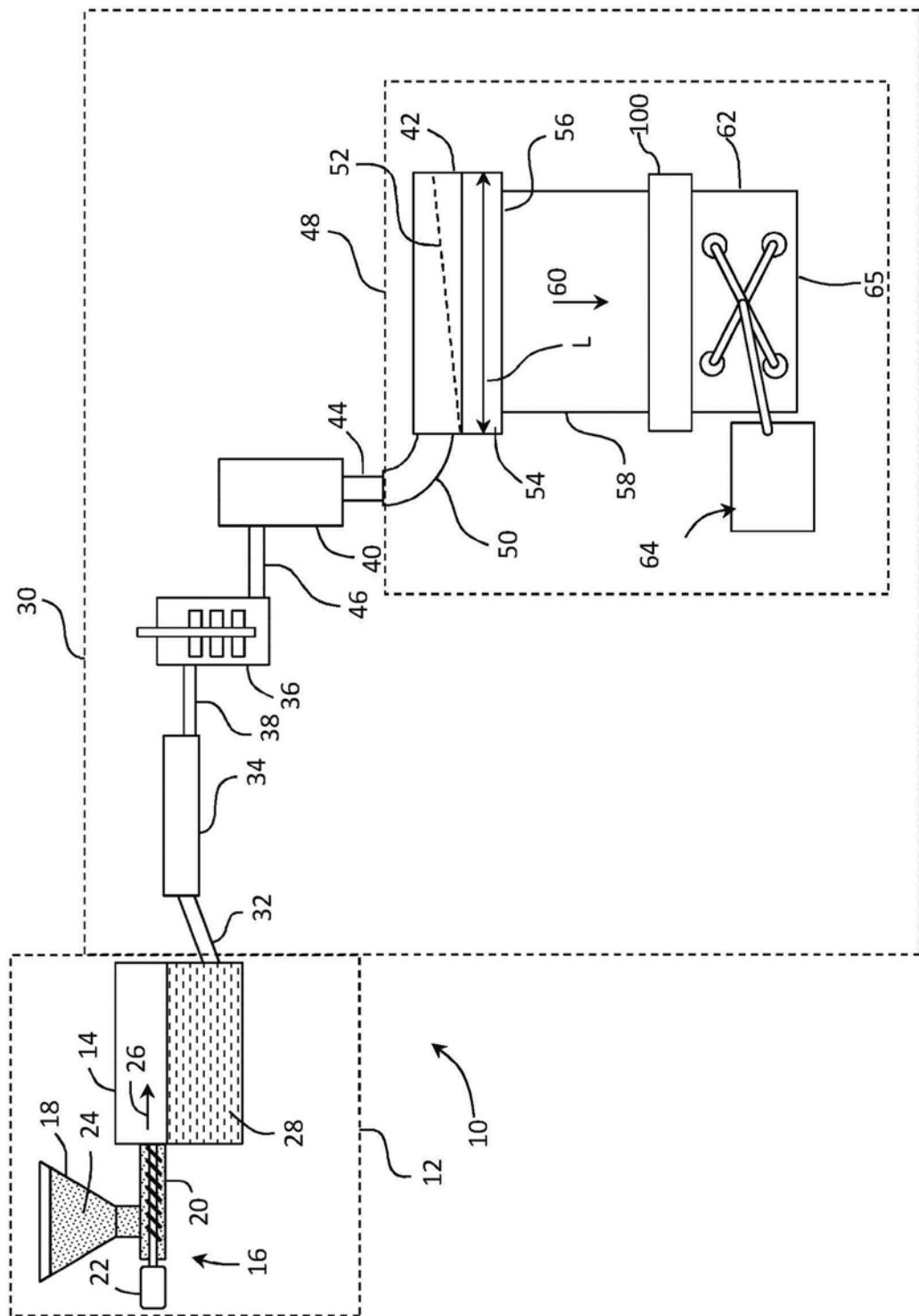


图1

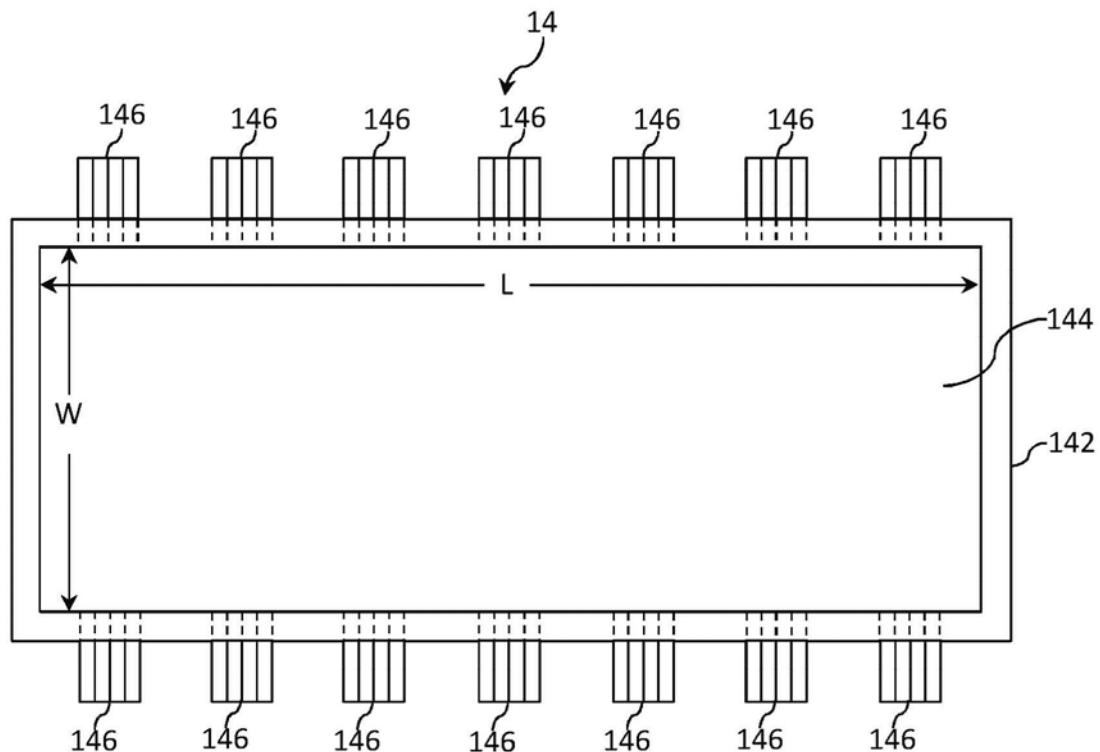


图2

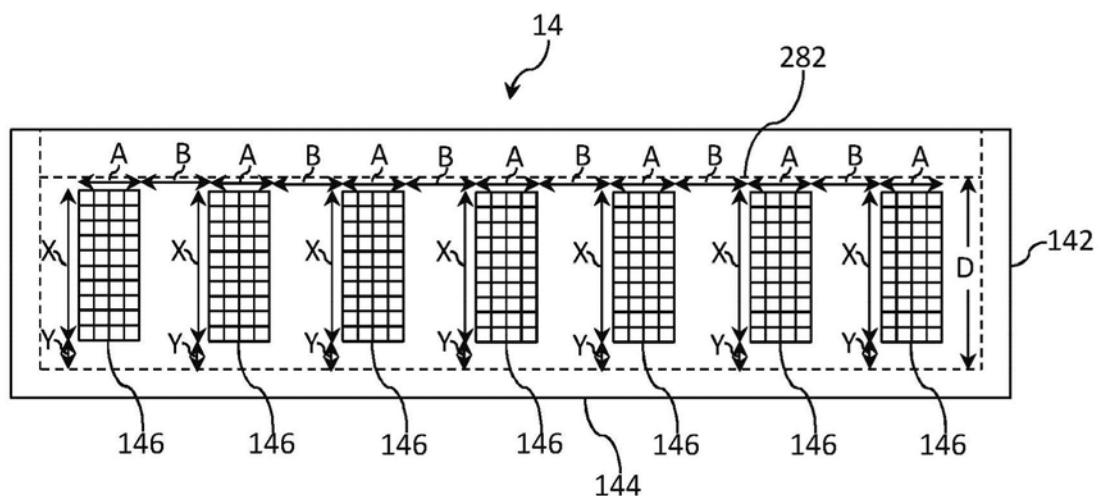


图3

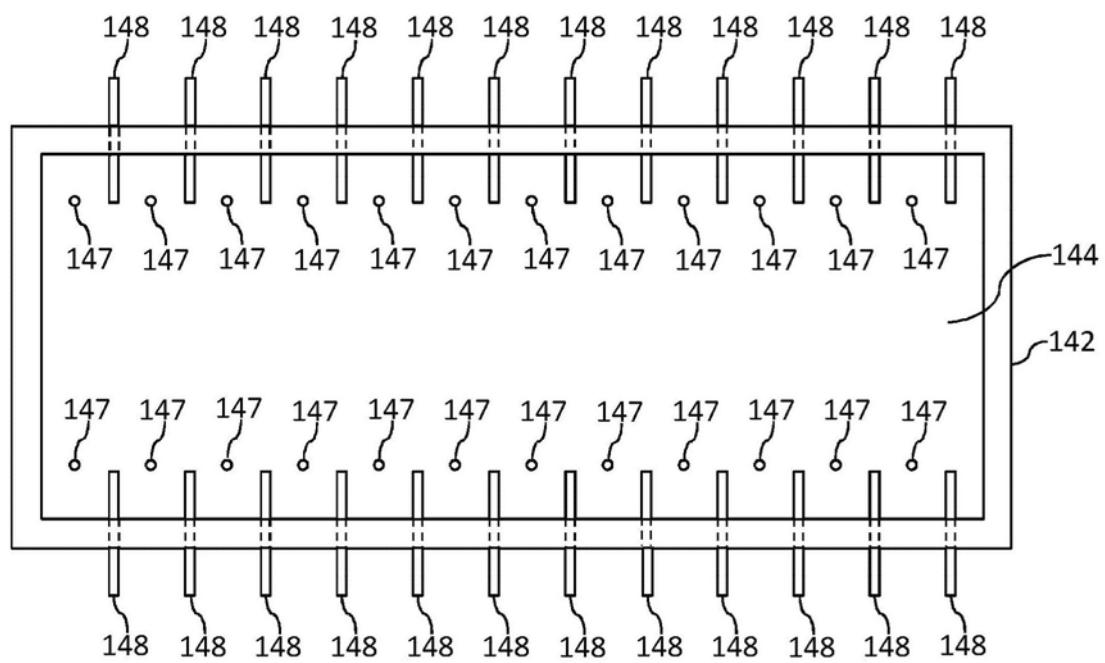


图4

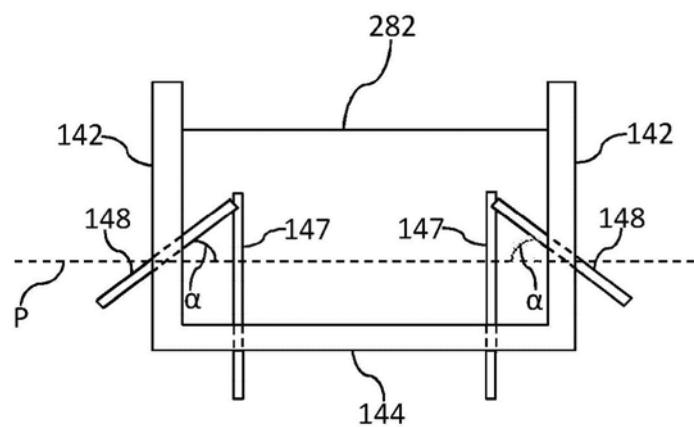


图5