(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 114929635 B
(45)授权公告日 2025.02.21

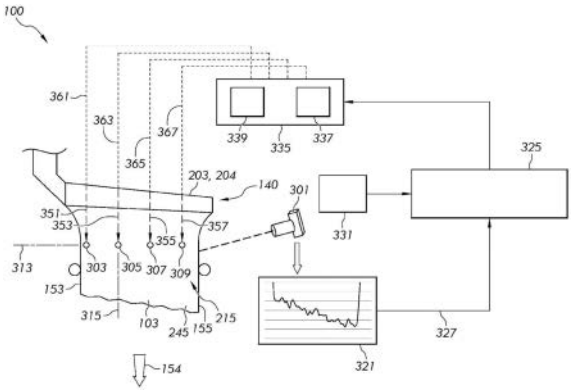
(21)申请号 202080091973.4
(22)申请日 2020.11.25
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114929635 A
(43)申请公布日 2022.08.19
(30)优先权数据
62/942,258 2019.12.02 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.07.04
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/062122 2020.11.25
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/113132 EN 2021.06.10
(73)专利权人 康宁公司
地址 美国纽约
(72)发明人 杰弗里·霍华德·阿伦斯
弗兰克·奥利维尔·霍恩克佩维
菲利普·罗伯特·勒布朗
罗伯特·亚瑟·麦金托什
(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006
专利代理师 徐金国 吴启超
(51)Int.Cl.
C03B 17/06(2006.01)
G01B 11/06(2006.01)
(56)对比文件
CN 101955315 A,2011.01.26
US 2017225994 A1,2017.08.10
WO 2011149800 A2,2011.12.01
审查员 张玲榕
权利要求书3页 说明书18页 附图7页

(54)发明名称

制造玻璃带之方法及设备

(57)摘要

本案提供一种制造玻璃带的方法,包括沿着在行进方向上的行进路径移动玻璃成形材料带。方法包括在玻璃成形材料带的多个位置处检测玻璃成形材料带的厚度。方法包括识别多个位置中的一位置,其中在此位置处的对应厚度超过目标厚度。方法包括将厚度变化率及对应厚度与目标厚度之间的厚度差与激光功率进行关联。方法包括以此激光功率将激光束引导朝向玻璃成形材料带,以减少在此位置处的粘度并达到在此位置处的目标厚度。



CN 114929635 B

1.一种制造玻璃带的方法,包括:

沿着在行进方向上的行进路径移动玻璃成形材料带;

在所述玻璃成形材料带的多个位置处检测所述玻璃成形材料带的厚度;

识别所述多个位置中的一位置,其中在所述位置处的对应厚度超过目标厚度;

将厚度变化率及所述对应厚度与所述目标厚度之间的厚度差与激光束的激光功率进行关联;

产生所述玻璃成形材料带的预测厚度轮廓,所述预测厚度轮廓包括在所述多个位置处的预测厚度,并依据所述预测厚度轮廓来计算所述激光束的被关联的所述激光功率以及所述激光束撞击所述玻璃成形材料带的位置;及

以计算出的所述激光功率将所述激光束引导朝向所述玻璃成形材料带上的计算出的位置,以减少在识别出的所述位置处的粘度,并在识别出的所述位置处达到所述目标厚度。

2.如权利要求1所述的方法,其中所述识别包括:识别所述多个位置中的第二位置,其中在所述第二位置处的第二对应厚度小于所述目标厚度。

3.如权利要求2所述的方法,还包括:将冷却流体引导朝向所述玻璃成形材料带,以增加在所述第二位置处的粘度,并在所述第二位置处达到所述目标厚度。

4.如权利要求1所述的方法,还包括:

使第一玻璃成形材料流流过成形楔的第一堰;

使第二玻璃成形材料流流过所述成形楔的第二堰;

将所述第一玻璃成形材料流与所述第二玻璃成形材料流熔合以形成熔融带。

5.如权利要求4所述的方法,其中所述引导所述激光束包括:将所述激光束引导朝向流过所述第一堰的所述第一玻璃成形材料流、流过所述第二堰的所述第二玻璃成形材料流、或所述熔融带中的一者或多者。

6.如权利要求1所述的方法,其中所述检测所述玻璃成形材料带的所述厚度是发生在沿着大致垂直于所述行进方向的第一轴而间隔开的所述多个位置处。

7.如权利要求1至6中任一项所述的方法,其中在将所述玻璃成形材料带的第一带部分与第二带部分分离之后,所述检测所述玻璃成形材料带的所述厚度是发生在所述玻璃成形材料带的所述第一带部分中,所述第一带部分包括第一位置,所述第一带部分的第一位置与所述第二带部分的第一位置的位置相对应,并且所述第一带部分包括第二位置,所述第一带部分的第二位置与所述第二带部分的第二位置的位置相对应,其中厚度传感器检测所述第一带部分的所述第一位置和所述第二位置的厚度,并将所述第一位置和所述第二位置的所述厚度与所述目标厚度进行比较。

8.一种制造玻璃带的方法,包括:

沿着在行进方向上的行进路径移动玻璃成形材料带;

在所述玻璃成形材料带的多个位置处检测所述玻璃成形材料带的厚度;

识别所述多个位置中的第一位置及所述多个位置中的第二位置,其中在所述第一位置处的第一对应厚度超过目标厚度,其中在所述第二位置处的第二对应厚度小于所述目标厚度;

产生所述玻璃成形材料带的预测厚度轮廓,所述预测厚度轮廓包括在所述多个位置处的预测厚度,并依据所述预测厚度轮廓来计算激光束的激光功率以及所述激光束撞击所述

玻璃成形材料带的位置;

将所述激光束以计算出的所述激光功率引导朝向所述玻璃成形材料带上的计算出的位置,以减少在所述第一位置处的粘度,并在所述第一位置处达到所述目标厚度;及

将冷却流体引导朝向所述玻璃成形材料带,以增加在所述第二位置处的粘度,并在所述第二位置处达到所述目标厚度。

9.如权利要求8所述的方法,还包括:

使第一玻璃成形材料流流过成形楔的第一堰;

使第二玻璃成形材料流流过所述成形楔的第二堰;及

将所述第一玻璃成形材料流与所述第二玻璃成形材料流熔合以形成熔融带。

10.如权利要求9所述的方法,其中所述引导所述激光束包括:将所述激光束引导朝向流过所述第一堰的所述第一玻璃成形材料流、流过所述第二堰的所述第二玻璃成形材料流、或所述熔融带中的一者或多者。

11.如权利要求9所述的方法,其中所述引导所述冷却流体包括:将所述冷却流体引导朝向流过所述第一堰的所述第一玻璃成形材料流、流过所述第二堰的所述第二玻璃成形材料流、或所述熔融带中的一者或多者。

12.如权利要求8至11中任一项所述的方法,其中在将所述玻璃成形材料带的第一带部分与第二带部分分离之后,所述检测所述玻璃成形材料带的所述厚度是发生在所述玻璃成形材料带的所述第一带部分中。

13.如权利要求12所述的方法,还包括:

计算在所述分离所述第一带部分与所述检测所述厚度之间的时间延迟;及

依据所述时间延迟,将所述激光束与所述冷却流体引导朝向所述第二带部分。

14.一种制造玻璃带的方法,包括:

沿着在行进方向上的行进路径移动玻璃成形材料带;

将所述玻璃成形材料带的第一带部分与所述玻璃成形材料带的第二带部分分离;

检测在所述第一带部分的多个位置处的厚度;

识别所述多个位置中的第一位置,其中在所述第一位置处的对应厚度超过目标厚度;

计算在所述第一带部分的分离与所述厚度检测之间的时间延迟;及

产生所述玻璃成形材料带的预测厚度轮廓,所述预测厚度轮廓包括在所述多个位置处的预测厚度,并依据所述预测厚度轮廓来计算激光束的激光功率以及所述激光束撞击所述玻璃成形材料带的位置;

依据所述时间延迟以计算出的所述激光功率将所述激光束引导朝向计算出的与所述第一带部分的所述第一位置相对应的所述第二带部分的第二位置,以减少所述第二位置处的粘度并达到在所述第二位置处的所述目标厚度。

15.如权利要求14所述的方法,其中,所述分离所述第一带部分与所述检测所述厚度之间的时间延迟导致在所述激光束撞击所述第二带部分时与在检测所述第二带部分的厚度变化时之间的时间延迟。

16.如权利要求15所述的方法,其中所述识别所述第一位置包括将所述预测的厚度轮廓与在所述多个位置处检测到的所述厚度进行比较。

17.如权利要求16所述的方法,还包括:依据所述预测的厚度轮廓与在所述多个位置处

检测到的所述厚度之间的所述比较来产生所述第二带部分的第二厚度轮廓。

18.如权利要求14至17中任一项所述的方法,还包括:识别所述多个位置中的第三位置,其中在所述第三位置处的第三对应厚度小于所述目标厚度。

19.如权利要求18所述的方法,还包括:将冷却流体引导朝向与所述第一带部分的所述第三位置相对应的所述第二带部分的第四位置,以增加在所述第四位置处的粘度并达到在所述第四位置处的所述目标厚度。

20.一种制造玻璃带的方法,包括:

沿着在行进方向上的行进路径移动玻璃成形材料带;

在所述玻璃成形材料带的多个位置处检测所述玻璃成形材料带的厚度;

识别以下一或多者:

所述多个位置中的一位置,其中在所述位置处的对应厚度超过目标厚度;或

所述多个位置中的第二位置,其中在所述第二位置处的第二对应厚度小于所述目标厚度;

当识别出的所述位置处的所述对应厚度超过所述目标厚度时,将厚度变化率和所述对应厚度与所述目标厚度之间的厚度差与激光束的激光功率进行关联;

产生所述玻璃成形材料带的预测厚度轮廓,所述预测厚度轮廓包括在所述多个位置处的预测厚度,并依据所述预测厚度轮廓计算所述激光束的被关联的所述激光功率以及所述激光束撞击所述玻璃成形材料带的位置;及

进行以下一或多者:

以计算出的所述激光功率将所述激光束引导朝向所述玻璃成形材料带上的计算出的位置,以减少识别出的所述位置处的粘度并达到在识别出的所述位置处的所述目标厚度;或

将冷却流体引导朝向所述玻璃成形材料带以增加在识别出的所述第二位置处的粘度并达到在识别出的所述第二位置处的所述目标厚度。

制造玻璃带之方法及设备

技术领域

[0001] 本案根据专利法请求2019年12月2日提出申请的美国临时申请案第62/942,258号的优先权,此案的内容被本文所依据并透过引用整体并入本文。

[0002] 本案大致上涉及用于制造玻璃带的方法,且更具体地,涉及通过控制玻璃带的厚度来制造玻璃带的方法。

背景技术

[0003] 目前已知用玻璃制造设备将熔融材料制造成玻璃带。为了生产具有目标厚度的玻璃带,可以测量玻璃带的厚度。然而,若玻璃带的一位置处的厚度偏离目标厚度,则测量玻璃带的厚度可能需要调整玻璃带的此位置处的厚度。

发明内容

[0004] 以下呈现本案的简化概述,以提供对在详细描述中描述的一些实施方式的基本理解。

[0005] 在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可以包括控制装置,控制装置可以控制玻璃成形材料带的厚度。当玻璃成形材料带沿着在行进方向上的行进路径移动时,厚度传感器可以检测厚度,或者在一些实施方式中,厚度传感器可以在第一带部分分离之后检测厚度。控制装置可以识别玻璃成形材料带的偏离目标厚度的任何位置。控制装置可以控制激光设备及/或冷却管,以向玻璃成形材料带提供局部加热及/或冷却。控制装置可以进一步考虑可能发生的任何时间延迟及/或工艺干扰,从而提供对玻璃成形材料带的更精确的厚度控制。

[0006] 根据一些实施方式,制造玻璃带的方法可以包括:沿着在行进方向上的行进路径移动玻璃成形材料带。方法可以包括:检测在玻璃成形材料带的多个位置处的玻璃成形材料带的厚度。方法可以包括:识别多个位置中的一位置,其中在此位置处的对应厚度超过目标厚度。方法可以包括:将厚度变化率及对应厚度与目标厚度之间的厚度差与一激光功率进行关联。方法可以包括:以此激光功率将激光束引导朝向玻璃成形材料带,以减少在此位置处的粘度,并达到在此位置处的目标厚度。

[0007] 在一些实施方式中,识别可以包括:识别多个位置中的一第二位置,其中在第二位置处的第二对应厚度小于目标厚度。

[0008] 在一些实施方式中,方法可包括将冷却流体引导朝向玻璃成形材料带,以增加在第二位置处的粘度并达到在第二位置处的目标厚度。

[0009] 在一些实施方式中,方法可包括使第一玻璃成形材料流流过成形楔的第一堰。方法可以包括使第二玻璃成形材料流流过成形楔的第二堰。方法可以包括将第一玻璃成形材料流和第二玻璃成形材料流熔合以形成熔融带。

[0010] 在一些实施方式中,引导激光束可包括:将激光束引导朝向流过第一堰的第一玻璃成形材料流、流过第二堰的第二玻璃成形材料流、或熔融带中的一者或多者。

[0011] 在一些实施方式中,检测玻璃成形材料带的厚度可发生在沿着大致垂直于行进方向的第一轴而间隔开的多个位置处。

[0012] 在一些实施方式中,在将玻璃成形材料带的第一带部分与第二带部分分离之后,检测玻璃成形材料带的厚度可发生在玻璃成形材料带的第一带部分中。

[0013] 根据一些实施方式,制造玻璃带的方法可以包括沿着在行进方向上的行进路径移动玻璃成形材料带。方法可以包括检测在玻璃成形材料带的多个位置处的玻璃成形材料带的厚度。方法可以包括识别多个位置中的第一位置及多个位置中的第二位置,其中在第一位置处的第一对应厚度超过目标厚度,其中在第二位置处的第二对应厚度小于目标厚度。方法可以包括将激光束指向玻璃成形材料带,以减少在第一位置处的粘度并达到在第一位置处的目标厚度。方法可以包括将冷却流体引导朝向玻璃成形材料带,以增加在第二位置处的粘度并达到在第二位置处的目标厚度。

[0014] 在一些实施方式中,方法可包括使第一玻璃成形材料流流过成形楔的第一堰。方法可以包括使第二玻璃成形材料流流过成形楔的第二堰。方法可以包括将第一玻璃成形材料流和第二玻璃成形材料流熔合以形成熔融带。

[0015] 在一些实施方式中,引导激光束可包括:将激光束引导朝向流过第一堰的第一玻璃成形材料流、流过第二堰的第二玻璃成形材料流、或熔融带中的一者或多者。

[0016] 在一些实施方式中,在将玻璃成形材料带的第一带部分与第二带部分分离之后,检测玻璃成形材料带的厚度可发生在玻璃成形材料带的第一带部分中。

[0017] 在一些实施方式中,方法可以包括计算在第一带部分的分离与厚度检测之间的时间延迟。方法可以包括依据时间延迟,将激光束与冷却流体引导朝向第二带部分。

[0018] 根据一些实施方式,制造玻璃带的方法可以包括沿着在行进方向上的行进路径移动玻璃成形材料带。方法可以包括将玻璃成形材料带的第一带部分与玻璃成形材料带的第二带部分分离。方法可以包括检测在第一带部分的多个位置处的厚度。方法可以包括识别多个位置中的第一位置,其中在第一位置处的对应厚度超过目标厚度。方法可以包括计算在第一带部分的分离与厚度检测之间的时间延迟。方法可以包括依据此时间延迟以一激光功率将激光束引导朝向与第一带部分的第一位置相对应的第二带部分的第二位置,以减少第二位置处的粘度并达到在第二位置处的目标厚度。

[0019] 在一些实施方式中,方法可以包括产生玻璃成形材料带的预测厚度轮廓,预测厚度轮廓包括在多个位置处的预测厚度。

[0020] 在一些实施方式中,识别第一位置可以包括将预测的厚度轮廓与在多个位置处检测到的厚度进行比较。

[0021] 在一些实施方式中,方法可以包括依据预测的厚度轮廓与在多个位置处检测到的厚度之间的比较来产生第二带部分的第二厚度轮廓。

[0022] 在一些实施方式中,方法可以包括识别多个位置中的第三位置,其中在第三位置处的第三对应厚度小于目标厚度。

[0023] 在一些实施方式中,方法可以包括将冷却流体引导朝向与第一带部分的第三位置相对应的第二带部分的第四位置,以增加在第四位置处的粘度并达到在第四位置处的目标厚度。

[0024] 在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可以包括沿着在行进方向上的行进路径移

动玻璃成形材料带。方法可以包括在玻璃成形材料带的多个位置处检测玻璃成形材料带的厚度。方法可以包括识别多个位置中的一位置或多个位置中的第二位置中的一或多者,其中在此位置处的对应厚度超过目标厚度,其中在第二位置处的第二对应厚度小于目标厚度。方法可以包括当此位置处的对应厚度超过目标厚度时,将厚度变化率和对应厚度与目标厚度之间的厚度差与一激光功率进行关联。方法可以包括下列一或多者:以此激光功率将激光束引导朝向玻璃成形材料带,以减少此位置处的粘度并达到在此位置处的目标厚度,或者将冷却流体引导朝向玻璃成形材料带以增加在第二位置处的粘度并达到在第二位置处的目标厚度。

[0025] 本案公开的实施方式的附加特征和优点将在以下的详细说明中阐述,并且对于熟习本领域者而言,根据此说明将是部分显而易见的,或者透过实施本文所述的实施方式,包括随后的详细说明、权利要求书、及附图而能理解。应当理解,前面的一般说明和以下的详细说明都提出了实施方式,目的在提供用于理解本案公开的实施方式的性质和特征的概述或框架。包括的附图以提供进一步的理解,并且附图被并入本说明书中并构成本说明书的一部分。附图示出了本案的各种实施方式,并且与说明书一起解释了其原理和操作。

附图说明

[0026] 当参考附图阅读以下详细描述时,将更佳地理解这些及其他特征、实施方式、及优点,其中:

[0027] 图1示意性地示出了根据本案的实施方式的玻璃制造设备的示例实施方式;

[0028] 图2示出了根据本案的实施方式沿图1的线2-2的玻璃制造设备的剖面视图;

[0029] 图3示出了用于检测和控制玻璃成形材料带的厚度的玻璃制造设备的厚度传感器与控制装置;

[0030] 图4示出了厚度传感器,其在第一部分与第二部分分离之后,检测玻璃成形材料带的第一部分的厚度;

[0031] 图5示出了用于检测和控制玻璃成形材料带的厚度的控制方案;

[0032] 图6示出了检测玻璃成形材料带的厚度的厚度传感器及加热及/或冷却一部分的玻璃成形材料带的调节设备;和

[0033] 图7示出了在第一部分与第二部分分离之后,检测玻璃成形材料带的第一部分的厚度的厚度传感器,与加热及/或冷却一部分的玻璃成形材料带的调节设备。

具体实施方式

[0034] 将在下文中参考图示出示例实施方式的附图来更全面地说明实施方式。在所有附图中,尽可能地使用相同的元件符号指代相同或相似的零件。然而,本案可以以许多不同的形式来实现,并且不应该被解释为限于这里阐述的实施方式。

[0035] 本案涉及玻璃制造设备和用于生产玻璃带的方法。现在将透过示例性实施方式描述用于生产玻璃带的方法和设备,示例性实施方式用于由玻璃成形材料带生产玻璃带。如图1中示意性所示,在一些实施方式中,示例性玻璃制造设备100可包括玻璃熔化和输送设备102,及包括成形容器140的成形设备101,成形容器140经设计以由一定量的熔融材料121产生玻璃成形材料带103。在一些实施方式中,玻璃成形材料带103可包括中央部分152,其

位于沿玻璃成形材料带103的第一外边缘153和第二外边缘155形成的相对边缘部分(例如,边缘珠)之间,其中边缘部分的厚度可以大于中央部分的厚度。另外,在一些实施方式中,分离的玻璃带104可通过玻璃分离器149(例如,划线、刻痕轮、金刚石尖端、激光等)沿着分离路径151而与玻璃成形材料带103分离。

[0036] 在一些实施方式中,玻璃熔化和输送设备102可包括熔化容器105,其被定向以从储存箱109接收批料107。批料107可以通过由马达113提供动力的批次输送装置111引入。在一些实施方式中,可选的控制器115可被操作以启动马达113,以将所需量的批料107引入到熔化容器105中,如箭头117所示。熔化容器105可以加热批料107以提供熔融材料121。在一些实施方式中,可以采用熔体探针119来测量竖管123内的熔融材料121的水平,并且通过通信线路125将所测量的信息传递至控制器115。

[0037] 另外,在一些实施方式中,玻璃熔化和输送设备102可以包括第一调节站,其包括位于熔化容器105下游的澄清容器127,且澄清容器127通过第一连接导管129耦接至熔化容器105。在一些实施方式中,可透过第一连接导管129将熔融材料121从熔化容器105重力供给至澄清容器127。例如,在一些实施方式中,重力可以驱动熔融材料121通过第一连接导管129的内部路径从熔化容器105到澄清容器127。另外,在一些实施方式中,可以通过各种技术去除澄清容器127内的熔融材料121的气泡。

[0038] 在一些实施方式中,玻璃熔化和输送设备102可进一步包括第二调节站,其包括可位于澄清容器127下游的混合腔室131。混合腔室131可用于提供熔融材料121的均匀组成,从而减少或消除否则可能在离开澄清容器127的熔融材料121内存在的不均匀性。如图所示,澄清容器127可以通过第二连接导管135连接到混合腔室131。在一些实施方式中,熔融材料121可以通过第二连接导管135从澄清容器127重力供给至混合腔室131。例如,在一些实施方式中,重力可以驱动熔融材料121通过第二连接导管135的内部路径,而从澄清容器127至混合腔室131。

[0039] 另外,在一些实施方式中,玻璃熔化和输送设备102可以包括第三调节站,其包括可以位于混合腔室131下游的输送腔室133。在一些实施方式中,输送腔室133可以调节熔融材料121以将其馈送到入口导管141中。例如,输送腔室133可以用作蓄积器及/或流量控制器,以向入口导管141调节并提供一致的流量的熔融材料121。如图所示,混合腔室131可通过第三连接导管137耦接到输送腔室133。在一些实施方式中,可以通过第三连接导管137将熔融材料121从混合腔室131重力供给至输送腔室133。例如,在一些实施方式中,重力可以驱动熔融材料121通过第三连接导管137的内部路径,而从混合腔室131到输送腔室133。如进一步所示,在一些实施方式中,输送管139可被定位以将熔融材料121输送至成形设备101,例如成形容器140的入口导管141。

[0040] 成形设备101可以包括根据本案的特征的成形容器的各种实施方式,例如,具有用于熔融拉伸玻璃带的楔形的成形容器,具有用于狭槽拉伸玻璃带的狭槽的成形容器,或设有压辊以从成形容器中对玻璃带进行压辊的成形容器。在一些实施方式中,成形设备101可包括片材再拉伸,例如,通过作为再拉伸程序的一部分的成形设备101。例如,可以加热可包括一厚度的玻璃带104,随后将其再拉伸以得到包括较小厚度的更薄的玻璃带104。作为说明,可以提供以下示出和公开的成形容器140,以将熔融材料121从成形楔209的底部边缘(定义为根145)熔融拉伸以产生玻璃成形材料带103。例如,在一些实施方式中,熔融材料

121可以从入口导管141输送至成形容器140。随后可以部分地依据成形容器140的结构,将熔融材料121成形为玻璃成形材料带103。例如,如图所示,熔融材料121可以沿着在玻璃制造设备100的行进方向154上延伸的拉伸路径,从成形容器140的底部边缘(例如,根145)被拉出。在一些实施方式中,边缘导向器163、164可以将熔融材料121引导离开成形容器140,并部分地限定玻璃成形材料带103的宽度“W”。在一些实施方式中,玻璃成形材料带103的宽度“W”在玻璃成形材料带103的第一外边缘153和玻璃成形材料带103的第二外边缘155之间延伸。

[0041] 在一些实施方式中,在玻璃成形材料带103的第一外边缘153与玻璃成形材料带103的第二外边缘155之间延伸的玻璃成形材料带103的宽度“W”,可以大于或等于约20毫米(mm),例如大于或等于约50mm,例如大于或等于约100mm,例如大于或等于约500mm,例如大于或等于约1000mm,例如大于或等于约2000mm,例如大于或等于约3000mm,例如大于或等于约4000mm,尽管在其他实施方式中可以提供小于或大于上述宽度的其他宽度。例如,在一些实施方式中,玻璃成形材料带103的宽度“W”可以在约20mm至约4000mm的范围内,例如在约50mm至约4000mm的范围内,例如在约100mm至约4000mm的范围内,例如在约500mm至约4000mm的范围内,例如在约1000mm至约4000mm的范围内,例如在约2000mm至约4000mm的范围内,例如在约3000mm至约4000mm的范围内,例如在约20mm至约3000mm的范围内,例如在约50mm至约3000mm的范围内,例如在约100mm至约3000mm的范围内,例如在约500mm至约3000mm的范围内,例如在约1000mm至约3000mm的范围内,例如在约2000mm至约3000mm的范围内,例如在约2000mm至约2500mm的范围内,以及所有范围及其之间的子范围。

[0042] 图2示出了沿图1的线2-2的成形设备101(例如,成形容器140)的截面立体图。在一些实施方式中,成形容器140可以包括槽201,其被定向以从入口导管141接收熔融材料121。用于说明的目的,为清楚起见,从图2中去除了熔融材料121的交叉影线。成形容器140还可包括成形楔209,其包括在成形楔209的相对端210、211(见图1)之间延伸的一对向下倾斜的会聚表面部分207、208。成形楔209的一对向下倾斜的会聚表面部分207、208可沿着行进方向154会聚以沿着成形容器140的根145相交。根145限定成形楔209的底部,在底部处向下倾斜的会聚表面部分207、208相交以形成一点。玻璃制造设备100的拉伸平面213可以沿着行进方向154延伸穿过根145。在一些实施方式中,玻璃成形材料带103可以沿着拉伸平面213在行进方向154上被拉伸。如图所示,拉伸平面213可透过根145将成形楔209二等分,尽管在一些实施方式中,拉伸平面213可相对于根145向其他方向延伸。在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可以包括使玻璃成形材料带103沿着在行进方向154上的行进路径221移动,其中行进路径221可以与拉伸平面213共面。

[0043] 另外,在一些实施方式中,熔融材料121可沿方向156流入,并沿着成形容器140的槽201流动。接着,熔融材料121可通过同时流过相应的堰203、204并向下流过相应的堰203、204的外表面205、206而从槽201溢出。例如,制造玻璃带的方法可包括使第一玻璃成形材料流241流过成形楔209的第一堰203,并使第二玻璃成形材料流243流过成形楔209的第二堰204。第一玻璃成形材料流241与第二玻璃成形材料流243可沿着成形楔209的向下倾斜的会聚表面部分207、208流动,以从成形容器140的根145被拉出。在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可包括将第一玻璃成形材料流241与第二玻璃成形材料流243熔合以形成熔融带245。例如,第一流241和第二流243可以在根145处会聚并熔合。在一些实施方式中,可沿着

行进方向154在拉伸平面213中从根145拉出熔融带245。在一些实施方式中,玻璃成形材料带103可在熔合之前,在相对于行进方向154的根145的上游包括第一玻璃成形材料流241与第二玻璃成形材料流243,并且可包括在成形楔209的下游相对于行进方向154从根145拉出的熔融带245。依据玻璃成形材料带103的垂直位置,玻璃成形材料带103可包括至少一种材料状态。例如,在一个位置,玻璃成形材料带103可包括粘性熔融材料121,而在另一位置,玻璃成形材料带103可包括玻璃态的非晶态固体(例如,玻璃带)。

[0044] 玻璃成形材料带103包括第一主表面215和第二主表面216,第一主表面215和第二主表面216面向相反的方向,并且沿着垂直于第一主表面215或第二主表面216中的一者或两者的一轴,限定玻璃成形材料带103的厚度“T”(例如,平均厚度)。在一些实施方式中,玻璃成形材料带103的厚度“T”可以小于或等于约2毫米(mm),小于或等于约1毫米,小于或等于约0.5毫米,例如,小于或等于约300微米(μm),小于或等于约200微米,或小于或等于约100微米,尽管在进一步的实施方式中可以提供其他厚度。例如,在一些实施方式中,玻璃成形材料带103的厚度“T”可以在约20微米至约200微米的范围内,在约50微米至约750微米的范围内,在约100微米至约700微米的范围内,在约200微米至约600微米的范围内,在约300微米至约500微米的范围内,在约50微米至约500微米的范围内,在约50微米至约700微米的范围内,在约50微米至约600微米的范围内,在约50微米至约500微米的范围内,在约50微米至约400微米的范围内,在约50微米至约300微米的范围内,在约50微米至约200微米的范围内,在约50微米至约100微米的范围内,在约25微米至约125微米的范围内,包括其间所有厚度范围与子范围。另外,玻璃成形材料带103可以包括多种成分,例如,硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃、含碱玻璃、或无碱玻璃、碱金属铝硅酸盐玻璃、碱土金属铝硅酸盐玻璃、碱石灰玻璃等。

[0045] 在一些实施方式中,玻璃分离器149(见图1)可以沿着分离路径151将玻璃带104与玻璃成形材料带103分离,以提供多个分离的玻璃带104(即,多个玻璃板)。根据其他实施方式,玻璃带104的较长部分可以被缠绕到储存辊上。接着可以将分离的玻璃带加工成所需的应用,例如显示器应用。例如,分离的玻璃带可用于多种显示应用,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)、触控传感器、光电及其他电子显示器。

[0046] 图3示出了成形容器140的示意图。在一些实施方式中,玻璃制造设备100可以包括厚度传感器301,其可以测量玻璃成形材料带103的厚度(例如,图2所示的厚度“T”)。例如,可以测量在玻璃成形材料带103的第一主表面215和第二主表面216之间的厚度(例如,垂直于图1所示的在第一外边缘153与第二外边缘155之间延伸的玻璃成形材料带103的宽度“W”)。在一些实施方式中,厚度传感器301可以检测在成形容器140的底部处(例如在相对于行进方向154在成形容器140的根145的下游)的玻璃成形材料带103的厚度。在一些实施方式中,厚度传感器301可以包括以激光为主的厚度测量装置。

[0047] 在一些实施方式中,厚度传感器301可以在一或多个位置处检测玻璃成形材料带103的厚度,例如在第一位置303、第二位置305、第三位置307、第四位置309等处。在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可以包括在多个位置(例如,第一位置303、第二位置305、第三位置307、第四位置309等)处,检测玻璃成形材料带103的厚度。检测玻璃成形材料带103的厚度可以在沿着第一轴313间隔开的多个位置处进行,第一轴313可以大致垂直于行进方向

154。例如,第一轴313可沿着大致平行于玻璃成形材料带103的第一主表面215及/或第二主表面216的方向,延伸穿跨玻璃成形材料带103(例如,在第一外边缘153与第二外边缘155之间)。在一些实施方式中,第一位置303与第一外边缘153分开的距离,可小于第二位置305、第三位置307、及/或第四位置309与第一外边缘153分开的距离。在一些实施方式中,第四位置309与第二外边缘155分开的距离,可小于第一位置303、第二位置305、及/或第三位置307与第二外边缘155分开的距离。在一些实施方式中,第二位置305和第三位置307可以位于第一位置303与第四位置309之间。

[0048] 玻璃制造设备100非受限于沿着单一轴(如第一轴313)检测玻璃成形材料带103的厚度。反而,在一些实施方式中,厚度传感器301及/或附加厚度传感器可以沿着一或多个相对于第一轴313成一定角度的轴,例如,沿着可大致垂直于第一轴313且大致平行于行进方向154的第二轴315,检测玻璃成形材料带103的厚度。第二轴315可以与第二位置305相交。在一些实施方式中,厚度传感器301及/或另外的厚度传感器可以沿着大致平行于第一轴313及/或第二轴315的一或多个轴,检测玻璃成形材料带103的厚度。

[0049] 在一些实施方式中,厚度传感器301可在多个位置处,例如在第一位置303、第二位置305、第三位置307、及第四位置309处,产生与厚度传感器301所检测的厚度相对应的厚度轮廓321。厚度传感器301可以周期性地及/或连续地检测玻璃成形材料带103的厚度。例如,在一些实施方式中,厚度传感器301可以连续地(例如,没有间断或间隙)检测多个位置处的厚度,使得厚度传感器301可以生成与玻璃成形材料带103的实时厚度相对应的更新的厚度轮廓321。玻璃成形材料带103的实时厚度可以表示在测量玻璃成形材料带103时的瞬间的厚度,于是玻璃成形材料带103的厚度可以立即传输到一装置(例如,控制装置325)以进行处理。在一些实施方式中,厚度传感器301可以例如通过检测玻璃成形材料带103的厚度,之后等待预定的时间而不检测厚度,随后再次检测厚度等,来周期性地检测多个位置处的厚度。厚度传感器301因此可以产生更新的厚度轮廓321,其可不对应于多个位置处的实时厚度。在一些实施方式中,厚度传感器301可以在相对于成形容器140的静态位置处检测厚度。例如,在一些实施方式中,厚度传感器301可检测多个位置303、305、307、或309处的厚度,其中第一轴313以及多个位置303、305、307、或309因而可位在距离根145一静态且不变的距离处。

[0050] 在一些实施方式中,玻璃制造设备100可以包括可耦接到厚度传感器301的控制装置325。控制装置325可以包括例如计算机、类似计算机的装置、可程序化逻辑控制器等。在一些实施方式中,控制装置325可经配置(例如,程序化、编码、设计、及/或制成)以依据由厚度传感器301检测到的厚度,来实现玻璃成形材料带103的厚度的改变。例如,厚度传感器301可通过通信线路327(例如,有线、无线等)与控制装置325通信。厚度轮廓321可以透过通信线路327从厚度传感器301传输到控制装置325。在一些实施方式中,目标厚度轮廓331可以被传输到控制装置325。目标厚度轮廓331可包括玻璃成形材料带103的目标厚度的操作范围。例如,目标厚度轮廓331可以包括:在第一位置303处的第一目标厚度、在第二位置305处的第二目标厚度、在第三位置307处的第三目标厚度、以及在第四位置309处的第四目标厚度。

[0051] 在一些实施方式中,玻璃制造设备100可以包括激光设备335,其可以发射激光束以增加温度并减少处于粘性状态的一部分玻璃成形材料带103的粘度,从而改变玻璃成形

材料带103的被激光束撞击的部分的厚度。在一些实施方式中,激光设备335可以包括激光发生器337。激光发生器337可以产生并发射激光束。在一些实施方式中,激光发生器337可以包括高强度红外激光发生器,例如,二氧化碳(CO_2)激光发生器。激光发生器337可以产生激光束,此激光束的波长和功率足以增加温度并减小玻璃成形材料带103的被激光束撞击的部分的粘度。在一些实施方式中,为了控制来自激光发生器337的激光束的定向,激光设备335可以包括光束引导设备339。光束引导设备339可以包括反射表面,例如镜子。光束引导设备339可以耦接至移动设备,移动设备可以例如通过旋转光束引导设备339及/或平移光束引导设备339来移动光束引导设备339。

[0052] 光束引导设备339可以接收来自激光发生器337的激光束,并将激光束引导(例如,当光束引导设备339包括镜子时反射)朝向玻璃成形材料带103。例如,在一些实施方式中,光束引导设备339可以将激光束引导朝向第一位置303、第二位置305、第三位置307、及/或第四位置309中的一者或多者。在一些实施方式中,光束引导设备339可以将第一激光束351引导朝向第一位置303,其中,第一激光束351可以在成形容器140的根145下方的位置处撞击在玻璃成形材料带103上。在一些实施方式中,光束引导设备339可以将第二激光束353引导朝向第二位置305,其中,第二激光束353可以在成形容器140的根145下方的位置处撞击在玻璃成形材料带103上。在一些实施方式中,光束引导设备339可以将第三激光束355引导朝向第三位置307,其中,第三激光束355可以在成形容器140的根145下方的位置处撞击在玻璃成形材料带103上。在一些实施方式中,光束引导设备339可以将第四激光束357引导朝向第四位置309,其中,第四激光束357可以在成形容器140的根145下方的位置处撞击在玻璃成形材料带103上。在一些实施方式中,可依据可从控制装置325提供给激光设备335的控制指令来移动光束引导设备339,其中控制指令可以指示光束引导设备339以将一或多个激光束351、353、355、或357引导朝向特定位置。

[0053] 光束引导设备339不限于相对于行进方向154朝着成形容器140的根145下方的位置反射激光束,而是在一些实施方式中,光束引导设备339可以将在根145上方的激光束引导朝向例如第一堰203及/或第二堰204。在一些实施方式中,光束引导设备339可以在与第一位置303相对应的位置处将第一激光束361引导朝向第一堰203及/或第二堰204。如本文中所使用的,当第一流241及/或第二流243离开与第一位置303相交的成形容器140时,对应于第一位置303的位置,可包括相对于行进方向154在第一位置303上游的第一玻璃成形材料流241及/或第二玻璃成形材料流243的位置。在一些实施方式中,光束引导设备339可以在与第二位置305相对应的位置处将第二激光束363引导朝向第一堰203及/或第二堰204。在一些实施方式中,光束引导设备339可以在与第三位置305相对应的位置处将第三激光束365引导朝向第一堰203及/或第二堰204。在一些实施方式中,光束引导设备339可以在与第四位置309相对应的位置处将第四激光束367引导朝向第一堰203及/或第二堰204。

[0054] 在一些实施方式中,控制装置325可将厚度轮廓321与目标厚度轮廓331进行比较,以确定在位置303、305、307、或309之一处的对应厚度是否超过目标厚度轮廓331的目标厚度。例如,控制装置325可以接收厚度轮廓321,其可包括在第一位置303、第二位置305、第三位置307、及第四位置309处的由厚度传感器301测量的玻璃成形材料带103的厚度。控制装置325可以将在位置303、305、307、及/或309处的厚度与目标厚度轮廓331进行比较,例如分别比较位置303、305、307、及/或309的目标厚度。在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可

包括识别在多个位置303、305、307、及/或309的一位置，其中在此位置处的对应厚度超过目标厚度(例如，根据目标厚度轮廓331)。控制装置325可以确定在位置303、305、307、或309之一处的测得的厚度与在位置303、305、307、或309处的目标厚度之间的厚度差。另外，如相对于图5所描述的，控制装置325可以确定激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的适当激光功率，以引起此位置处的粘度减少并且达到在此位置处的目标厚度。

[0055] 控制装置325可以将包括适当的激光功率和位置的指令传送到激光设备335。在一些实施方式中，制造玻璃带的方法可以包括将激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367引导朝向玻璃成形材料带103，以减少在此位置处的粘度并且达到在此位置处的目标厚度。例如，在一些实施方式中，在玻璃成形材料带103的第一位置303处的测得的厚度可以超过在第一位置303处的目标厚度。控制装置325可以确定在第一位置303处测得的厚度与目标厚度之间的差，并将厚度变化率与激光功率进行关联。在一些实施方式中，可以将厚度变化率和激光功率提供给控制装置325，并且可以依据实际观察到的依据特定激光功率的厚度变化的影响。在一些实施方式中，提供给控制装置325的厚度变化率和激光功率可以依据数学模型。在一些实施方式中，可以依据不同的激光功率用实际观察到的冲击来更新模型。控制装置325可以使激光发生器337以激光功率将第一激光束351引导朝向第一位置303。作为响应，第一位置303处的粘度可以减低，这可以导致第一位置303处的厚度减小，直到在第一位置303处达到目标厚度为止。在一些实施方式中，制造玻璃带的方法可包括将激光束361、363、365、及/或367引导朝向流过第一堰203的第一玻璃成形材料流241、流过第二堰204的第二玻璃成形材料流243、或熔融带245中的一者或多者。例如，控制装置325可以触发激光发生器337以将第一激光束361引导朝向流过第一堰203的第一玻璃成形材料流241及/或朝向流过第二堰204的第二玻璃成形材料流243。第一玻璃成形材料流241或第二玻璃成形材料流243的粘度可能减少，这可能导致第一位置303处的厚度减小直到在第一位置303处达到目标厚度。

[0056] 参照图4，在一些实施方式中，可以在第一带部分401已与第二带部分403分离之后，检测玻璃成形材料带103的厚度。例如，在一些实施方式中，制造玻璃带的方法可以包括在检测第一带部分401的厚度之前，将玻璃成形材料带103的第一带部分401与玻璃成形材料带103的第二带部分403分离。当玻璃成形材料带103沿行进方向154移动时，第一带部分401可例如通过图1的玻璃分离器149而与第二带部分403分离。在一些实施方式中，第一带部分401可以在分离之后被传送到远程位置，例如，到可以检查第一带部分401并且可以测量厚度的位置。

[0057] 在分离之后，制造玻璃带的方法可以包括检测在第一带部分401的多个位置处的厚度。例如，厚度传感器301可以在第一带部分401的第一位置411、第二位置413、第三位置415、及第四位置417处检测第一带部分401的厚度，尽管在其他实施方式中，可以检测在四个以上的位置处的厚度，而在另一些实施方式中，可以检测在少于四个的位置处的厚度。在一些实施方式中，在将玻璃成形材料带103的第一带部分401与第二带部分403分离之后，可在玻璃成形材料带103的第一带部分401中检测玻璃成形材料带103的厚度。在一些实施方式中，可以在第一带部分401与第二带部分403分离之后，立即检测第一带部分401的厚度，以使得第一带部分401的分离与第一带部分401的厚度检测之间的时间延迟可以为短暂的。在一些实施方式中，例如，当在分离之后并未立即，而是在分离之后经过了一段时间之后才

检测第一带部分401的厚度时,时间延迟会更长。例如,将第一带部分401从分离第一带部分401的位置运送到可检查第一带部分401并且可以测量厚度的远程位置时,可能导致时间延迟。

[0058] 在一些实施方式中,相对于第一带部分401的第一外边缘153和第二外边缘155的第一位置411、第二位置413、第三位置415、及/或第四位置417的位置可分别对应于,相对于第二带部分403的第一外边缘153和第二外边缘155的第一位置303、第二位置305、第三位置307、及/或第四位置309的位置。例如,第一位置411可以与第一带部分401的第一外边缘153间隔开第一距离,并且第一位置303可以与第二带部分403的第一外边缘153间隔开第一距离。在一些实施方式中,第四位置417可以与第一带部分401的第二外边缘155间隔开第二距离,并且第四位置309可以与第二带部分403的第二外边缘155间隔开第二距离。在一些实施方式中,将第一带部分401的多个位置411、413、415、或417分隔开的距离,可匹配于将第二带部分403的多个位置303、305、307或309分隔开的距离。因此,可以通过在第二带部分403的多个位置303、305、307、或309处撞击激光束351、353、355、或357,及/或通过在流过第一堰203的第一流241及/或流过第二堰204的第二流243处撞击激光束361、363、365、或367,来改变第一带部分401的多个位置411、413、415、或417处的厚度。

[0059] 在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可包括识别多个位置411、413、415、或417中的第一位置,其中在第一位置303处的对应厚度超过目标厚度。例如,在一些实施方式中,图4中的玻璃制造设备100可包括厚度传感器301、控制装置325、及激光设备335,其可以大致类似于图3的厚度传感器301、控制装置325、及激光设备335。厚度传感器301可以检测第一带部分401的多个位置411、413、415、或417处的厚度,并产生厚度轮廓321。在一些实施方式中,控制装置325可以将测得的厚度轮廓321的厚度与目标厚度轮廓331进行比较,以识别位置411、413、415、或417的任何测得的厚度是否超过目标厚度。另外,在一些实施方式中,控制装置325可以计算在第一带部分401的分离(例如,从第二带部分403)与厚度检测之间的时间延迟。例如,在分离第一带部分401和在位置411、413、415、或417处用厚度传感器301检测厚度之间可以经过一段时间,其中此段时间可以部分地包括将第一带部分401运送到远程位置所需要的时间。

[0060] 在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可以包括依据时间延迟以激光功率将激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367引导到分别对应于第一带部分401的第一位置411、413、415、及/或417的第二带部分403的第二位置303、305、307、及/或309,以减少在第二位置303、305、307、及/或309的粘度,并达到在第二位置303、305、307、及/或309处的目标厚度。在一些实施方式中,激光设备335可以类似图3中所述的方式,引导激光束351、353、355、357、361、363、365、367中的一者或多者朝向玻璃成形材料带103。例如,在一些实施方式中,激光设备335可以将激光束361、363、365、或367中的一者或多者引导朝向第一堰203上的第一玻璃成形材料流241、或第二堰204上第二玻璃成形材料流243中的一者或多者。在一些实施方式中,激光设备335可以将激光束351、353、355、或357中的一者或多者引导朝向熔融带245。

[0061] 在一些实施方式中,由于从第二带部分403的第一带部分401的分离与第一带部分401的厚度检测之间的时间延迟,激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的影响,可能不会立即被厚度传感器301所察觉。例如,在图3中,其中厚度传感器301可位于相对于

行进方向154的位置303、305、307、及/或309的附近和其下游,在激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击到玻璃成形材料带103之后,由激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367所引起的厚度变化可由厚度传感器301迅速检测到。然而,在图4中,由第一带部分401的分离引起的时间延迟,可能导致在当激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击到第二带部分403时,与在当厚度传感器301检测到所得到的厚度变化时,两者之间的时间延迟。这样,在一些实施方式中,控制装置325可以将时间延迟并入到传输到激光设备335的指令中。例如,在不存在控制装置325将时间延迟并入的情况下,激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367可被引导,以一功率及/或以大于达到目标厚度变化所需的时间撞击在第二带部分403处,因而导致厚度变化超过目标厚度轮廓331。

[0062] 在一些实施方式中,为了依据时间延迟而以适当的激光功率引导激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367,可以将时间延迟轮廓431传输至控制装置325。例如,时间延迟轮廓431可以包括在第一带部分401与第二带部分403的分离和第一带部分401的厚度检测之间的已经过的时间量,及/或在将激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击在第二带部分403上与随后的第二带部分403的厚度检测之间的已经过的时间量。在一些实施方式中,已经过的时间量可以包括实际观察到的时间,例如,由计时装置所测量的时间。在一些实施方式中,可以依据数学模型来提供已经过的时间量,例如,在一个或多个周期内的预测的已经过的时间量(例如,在分离或撞击与检测之间的)或平均的已经过的时间量(例如,在分离或撞击与检测之间的)中的其中一者或两者。由于一些原因,将时间延迟轮廓431提供给控制装置325可能是有益的。例如,时间延迟可以表示在当激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367被引导朝向玻璃成形材料带103(例如,其可升高温度并减低玻璃成形材料带103的位置的粘度,从而改变此位置处的厚度)与在当厚度传感器301检测到的所引起的厚度变化时之间的时间量。参考图3,由于厚度传感器301检测厚度的位置是在与激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击在玻璃成形材料带103上非常接近的位置,时间延迟可以忽略不计,使得厚度传感器301几乎可立即在使用激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367之后检测到厚度变化。参考图4,在第一带部分401的分离与厚度传感器301的厚度检测之间的时间延迟,会增加在当激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击在玻璃成形材料带103上时与当厚度传感器301可以检测到第一带部分401中的所引起的厚度变化时之间的时间。这样,通过并入时间延迟轮廓431,控制装置325可以实现更精确的厚度变化并限制超出目标厚度轮廓331的可能性。

[0063] 参考图5,示意性流程图501示出了使用控制装置325制造玻璃带的方法。在一些实施方式中,控制装置325可以考虑激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367对玻璃成形材料带103的厚度的大小变化以及厚度变化的速度的影响。例如,可以用将激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的功率与在玻璃成形材料带103的位置处的厚度变化相关联的增益矩阵,来对激光设备335对玻璃成形材料带103的冲击进行建模。在一些实施方式中,通过用增益矩阵对激光设备335的冲击进行建模,在激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击玻璃成形材料带103的位置处的由激光束351、353、355、357、361、363、365及/或367所造成的厚度变化,以及在不受激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击的周围位置处的厚度变化,可被建模。增益矩阵可以由变量K_{mxp}表示,并且可以具有尺寸m x p,其中m是代表位置的总数的变量(例如,图3中的位置303、305、307、及/或

309,及/或图4中的位置411、413、415、及/或417),在这些位置处的厚度由厚度传感器301测量。变量p可以表示位置的总数(例如,图3和图4中的位置303、305、307、及/或309),在这些位置处,激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击在玻璃成形材料带103上。在一些实施方式中,变量p可以合并撞击到玻璃成形材料带103上的激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的面积、由光束引导设备339确定的激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的分辨率、以及激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的跨过玻璃成形材料带103的移动速度(例如,由光束引导设备339移动)。

[0064] 在一些实施方式中,可以对激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的功率变化的响应进行建模。例如,可以绘制一程序模型,其将激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的激光功率与玻璃成形材料带103的一位置处的厚度变化相关联,以及与在使用激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367至达到厚度变化为止之间的时间延迟相关联。在一些实施方式中,若控制装置325将多个位置303、305、307或309中的一者或多者标识为包括超过目标厚度的厚度,则控制装置325可以确定激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的适当激光功率,并使激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367被引导朝向玻璃成形材料带103。例如,在一些实施方式中,程序模型可以包括一厚度轮廓,其确定出在相邻于激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击在玻璃成形材料带103上的位置的位置处的激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的冲击。例如,参考图3至图4,若第二激光束353撞击在第二位置305上,则程序模型可以包括第二位置305以及也可能会发生厚度变化的相邻位置(例如,第一位置303、第三位置307等)的厚度的厚度轮廓。在一些实施方式中,可以通过使用实验数据的第一原理或经验建模中的一者或多者来获得动态程序模型。例如,利用经验建模方法,使激光束351、353、355、357、361、363、365、367的功率,可与对每个激光功率所建模的输出(例如,玻璃成形材料带103的厚度轮廓)一同步进。模型可以用方程式(1)和(2)表示,如下所示:

[0065] (1) $$\dot{x_c}(t) = A_c x_c(t) + B_c u(t)$$

[0066] (2) $$y(t) = C_c x_c(t-\theta)$$

[0067] 在方程式(1)和(2)中,变量t是时间变量,以秒表示,且变量θ是时间延迟(例如,停滞时间),以秒表示。在一些实施方式中,时间延迟θ可以表示响应于激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的冲击而使程序(例如,玻璃成形材料带103的厚度)将开始改变的时间量。例如,参考图4,时间延迟θ可以表示在激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的冲击与厚度传感器301所检测到的厚度之间的时间量。变量$\dot{x_c}$是状态向量,并可以表示跨玻璃成形材料带103的不同位置处的厚度位置的向量,例如,图3中的位置303、305、307、或309,及/或图4中位置411、413、415、或417。变量y是输出,并且可以表示所测得的厚度位置处的向量,例如,图3中的位置303、305、307、或309的厚度,及/或图4中位置411、413、415、或417的厚度。在一些实施方式中,变量y和$\dot{x_c}$可以包括由时间延迟θ而在时间上分离的相同数据。变量u是输入,并且可以表示在以激光功率施加激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的不同位置处的向量,例如,因在激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的冲击下。

[0068] 系统矩阵随后可以由方程式(3)、(4)、及(5)来表示,如下:

[0069] (3) $$A_c = -\frac{1}{\tau} I_{mxm}$$

[0070] (4) $B_c = -A_c K_{[mxp]}$

[0071] (5) $C_c = I_{mxm}$

[0072] 在方程式(3)和(5)中,变量I是一个m x m单位矩阵。在方程式(4)中,变量K_{mxp}可以表示增益矩阵,且可具有m x p的维度,其中m是表示可由厚度传感器301测量厚度的位置(例如,图3中的位置303、305、307、或309,及/或图4中的位置411、413、415、或417)的总数的变量。变量p可以表示位置(例如,图3至4中的位置303、305、307、或309)的总数,在这些位置中,激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367会撞击在玻璃成形材料带103上。因此,可以使用由方程式(6)和(7)所表示的标准离散化技术将此模型(例如,由方程式(1)和(2)表示)转换为离散时间空间形式,如下:

[0073] (6) $x_m(k+1) = A_m x_m(k) + B_m u(k)$

[0074] (7) $y_m(k) = C_m x_m(k-\theta)$

[0075] 在方程式(6)和(7)中,变量k是离散时步。在一些实施方式中,参照图4,当在第一带部分401与第二带部分403分离之后,通过厚度传感器301测量第一带部分401的厚度时,离散时步k可以是程序循环时间的乘积。例如,在玻璃成形材料带103的有激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的撞击的一位置与厚度检测的位置之间,可经过一段时间(例如,程序循环时间),例如,其中在激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的撞击与厚度检测之间,会发生第一带部分的分离和运输。在一些实施方式中,参照图3,当在分离之前通过厚度传感器301测量玻璃成形材料带103的厚度时,离散时步k可以更短。例如,由于厚度传感器301检测到与激光束351、353、355、357、361、363、365、367撞击玻璃成形材料带103的位置处紧邻的位置303、305、307、或309处的厚度,因此离散时步k可以更短。

[0076] 在一些实施方式中,控制装置325可解决对玻璃成形材料带103的厚度的影响的干扰,例如,沿图2的方向156流动的熔融材料121的不一致的流速、温度变化等。附加地或可替代地,在一些实施方式中,控制装置325可以考虑对激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的激光功率的约束,使其不超过激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的最大激光功率。为了考虑这些干扰和激光功率约束,控制装置325可以包括模型预测控制。模型预测控制可以控制玻璃成形材料带103的厚度,同时满足一个或多个约束,例如,激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的激光功率。在一些实施方式中,模型预测控制可以仿真未来的玻璃成形材料带103的厚度,并计算激光设备335的作用,例如,激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的激光功率,以及激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击玻璃成形材料带103的位置。因此,模型预测控制可以实现玻璃成形材料带103的目标厚度轮廓并且维持目标厚度轮廓,而不管是否存在干扰(例如,沿图2中的方向156流动的熔融材料121的不一致的流速、温度变化等)及/或对激光功率的约束。在一些实施方式中,模型预测控制可以包括延迟补偿方案,例如史密斯预测器(Smith predictor),以考虑时间延迟θ及离散时步k。例如,控制装置325可以包括依据离散时间空间方程式(6)和(7)的无延迟模型预测控制503。无延迟模型预测控制503可以预测程序的未来行为,例如,预测将来某个时间的玻璃成形材料带103的厚度。无延迟模型预测控制503可以接收设定点502或参考函数,其可以包括玻璃成形材料带103的不同位置303、305、307、

及/或309的目标厚度范围。在一些实施方式中,依据预测的未来行为,无延迟模型预测控制503可以优化激光设备335的作用(例如,激光功率、撞击位置等)。无延迟模型预测控制503可以由方程式(8)和(9)表示如下:

[0077] (8) $x(k+1)=Ax(k)+Bu(k)$

[0078] (9) $y(k)=Cx(k)$

[0079] 在一些实施方式中,无延迟模型预测控制503可以部分地通过在将来的一段时间内设置玻璃成形材料带103的位置303、305、307、及/或309的目标厚度轮廓来设计。在一些实施方式中,位置303、305、307、及/或309的目标厚度轮廓,可以被提供给控制装置325以作为目标厚度轮廓331的一部分。例如,可以为第一位置303设定第一目标厚度范围,可以为第二位置305设定第二目标厚度范围,可以为第三位置307设定第三目标厚度范围,以及可以为第四位置309设定第四目标厚度范围。目标厚度范围可以由以下的方程式(10)中的变量S表示。变量S可以表示矩阵,其中矩阵S的每一列包括目标厚度范围之一,且矩阵S的每一行在一未来时段包括目标厚度范围。例如,一列可以在一段时间内在第一位置303处包括目标厚度范围,且一行包括在第一时间时的第一位置处303的目标厚度范围,一相邻的行包括在第一时间之后的第二时间时的第一位置处303的目标厚度范围,等。另外,方程式(10)中的变量X可以表示检测到的厚度的矩阵(例如,如由厚度传感器301检测到的)。在一些实施方式中,变量X可以表示矩阵,其中矩阵X的每一列可以在位置303、305、307、或309之一处包括检测到的厚度,并且依据方程式(8)和(9),矩阵X的每一行可包括在一未来时段的模拟的厚度。例如,一列可包括在一段时间内在第一位置303处检测到的厚度,其中一行包括在第一时间的在第一位置303处的检测到的厚度,一相邻的行包括在第二时间的在第一位置303处的检测到的厚度,等。二次成本函数J可由以下的方程式(10)表示:

[0080] (10) $J=(S-X)^{T}Q(S-X)+U^{T}RU$

[0081] (11) $f(U)\leqslant C$

[0082] 在方程式(10)中,变量Q和R表示加权矩阵,其可以分别惩罚检测到的厚度与目标厚度之间的偏差,例如当检测到的厚度(例如,由矩阵X表示)不同于目标厚度(例如,由矩阵S表示)时,以及激光功率的功效(例如由矩阵U表示)。例如,变量Q惩罚检测到的厚度与目标厚度之间的偏差,而变量R惩罚用于驱使厚度达到目标厚度的功率量。在方程式(10)和(11)中,变量U可以表示一组激光功率移动。例如,变量U可以表示一矩阵,其中每一列可以在位置303、305、307、或309之一处包括激光功率,且变量U的每一行可包括在一未来时段的激光功率(例如,第一行可以包括在离散时步k处的激光功率,第二行可以包括在离散时步k+1处的激光功率,等)。在一些实施方式中,如方程式(11)所示,可以选择变量U以使二次成本函数J最小化,例如,激光功率(例如,变量U)在从约为零至激光设备335的最大激光额定功率的范围内。方程式(11)提供了传递给激光器的功率量的上限和下限。算法可以进行优化以找到使J最小的矩阵U,从而满足方程式(8)、(9)、及(10)。因此,无延迟模型预测控制503可以确定不会超过最大激光功率额定值的激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的适当激光功率,但是能量可够强以在预定的时间内导致厚度变化。因此,无延迟模型预测控制503可以控制在每个离散时步k使用激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的激光功率及位置。以此方式,在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可包括,例如,当位置的相应厚度超过目标厚度时,将厚度变化率和相应厚度与目标厚度之间的厚度差与一激光

功率进行关联。例如,方程式(10)的加权矩阵(例如,Q和R)可以惩罚厚度差(例如,检测到的厚度与目标厚度之间的偏差),且变量R可以惩罚激光功率的功效,而以U表示的激光功率移动,可以包括未来施加在位置303、305、307、或309处的激光功率。在一些实施方式中,选择较大的变量R可以使算法对每个抽样片刻k使用较小的激光功率移动。在一些实施方式中,较大的变量R可用于避免较大及/或较快的激光功率移动。类似地,选择较小的变量R可使算法对每个抽样片刻k使用较大的激光功率移动,从而有助于较大且更快的激光功率移动以达到目标厚度。厚度变化率可以由方程式(1)和(2)表示,其中,输出y可以表示所测得的厚度位置处的向量,且因此可以表示响应于输入μ(例如,在一位置以一激光功率施加的激光束)的厚度变化率。

[0083] 在一些实施方式中,控制装置325可以依据无延迟模型预测控制503来执行模型仿真505。例如,模型仿真505可以预测程序行为,并依据无延迟模型预测控制503来仿真方程式(8)的状态向量x(k)。在一些实施方式中,模型仿真505可以产生无延迟的预测的状态向量506,其可以由x(k)表示。无延迟的预测的状态向量506可以表示未来一或多个离散时步k的位置处的玻璃成形材料带103的预测厚度。在一些实施方式中,为了解决图4的时间延迟(例如,由于在激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击之后但在厚度传感器301测量到厚度之前发生分离),无延迟的预测的状态向量506(例如,x(k))会接着受到时间延迟509(例如,时间延迟θ)以产生延迟状态510,例如,$x_d(k-\theta)$。在一些实施方式中,由厚度传感器301在离散时间k检测的实际厚度(例如,测量的状态向量)可以由包括时间延迟507的程序来表示,此程序可以产生时间延迟的完整系统状态508(例如,包括厚度传感器301检测到的实际厚度、时间延迟θ、及任何潜在的程序干扰)。时间延迟的完整系统状态508(例如,测量的状态向量)可以由$x_m(k-\theta)$表示。在一些实施方式中,可以在来自507的测量状态向量508(例如,$x_m(k-\theta)$)与包括时间延迟509的预测的状态向量510(例如,$x_d(k-\theta)$)之间进行比较511,结果可以由以下的方程式(12)表示:

[0084] (12) $$x_e(k)=x_m(k-\theta)-x_d(k-\theta)$$

[0085] 所得到的差$x_e(k)$是延迟的状态预测误差,其表示检测到的厚度(例如,来自厚度传感器301)与预测厚度之间的差。在一些实施方式中,误差可能是由模型仿真505中的干扰(例如,沿图2中的方向156流动的熔融材料121的不一致流速、温度变化等)或缺陷所造成的。若预测的状态向量包括来自509(例如,$x_d(k-\theta)$)的时间延迟完全匹配于来自507(例如,$x_m(k-\theta)$)的测量的状态向量,则延迟的状态预测误差$x_e(k)$可以为零。但是,若包括来自509(例如,$x_d(k-\theta)$)的时间延迟的预测的状态向量不同于来自507(例如,$x_m(k-\theta)$)的测量的状态向量,则延迟的状态预测误差可能不为零,并且可以由过滤器513过滤(例如,以滤除某些频率范围)。在一些实施方式中,过滤器513可以产生过滤后的延迟的状态预测误差521,其可以由$x_f(k)$表示。经过滤后的延迟的状态预测误差521可以被添加到无延迟的预测的状态向量506(例如,x(k))以产生校正的状态向量527,其可以由$\bar{x}(k)$表示。校正的状态向量527可以包含可由无延迟模型预测控制503所接收的反馈。因此,无延迟模型预测控制503可以接收设定点502及校正的状态向量527,并调整激光设备335以使玻璃成形材料带103的厚度更接近设定点502。

[0086] 在一些实施方式中,图4的控制装置325可包含图5的控制方案,由于激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击玻璃成形材料带103与在第一带状部分401与第

二带状部分403分离之后的第一带部分401的厚度检测之间,存在较大的时间延迟。例如,图5的控制方案可包括史密斯预测器,史密斯预测器并入了模型仿真505以产生无延迟的预测的状态向量506,其接着会受到时间延迟509,并与测量的状态向量508进行比较。在一些实施方式中,时间延迟可以小于图4的时间延迟。例如,参考图3,当厚度传感器301被设置为在与激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击玻璃成形材料带103上的位置接近的位置处检测厚度(例如,其中厚度检测和激光束撞击都在第一带部分401分离之前发生),此时间延迟可为最小或接近于零,并且控制装置325可以不包括史密斯预测器,例如,会产生无延迟的预测的状态向量506的模型仿真505,其会接着受到时间延迟509。反而,在一些实施方式中,图3的控制装置325可包括无延迟模型预测控制503。

[0087] 参考图6,在一些实施方式中,控制装置325可以控制加热玻璃成形材料带103(例如,以减低粘度并减小厚度)或冷却玻璃成形材料带103(例如,以增加一位置处的粘度并增加厚度)中的一者或两者。例如,在一些实施方式中,图6的玻璃制造设备100在一些方面可以类似于图3及/或图4的玻璃制造设备100。例如,图6的玻璃制造设备100可以包括厚度传感器301,其可以在将第一带部分401与第二带部分分离之前,测量玻璃成形材料带103的厚度(例如,如图4所示)。在一些实施方式中,厚度传感器301可以产生厚度轮廓321,并且通过通信线路327将厚度轮廓321传输至控制装置325。控制装置325可以接收目标厚度轮廓331,并且依据厚度轮廓321和目标厚度轮廓331之间的比较,控制装置325可以将指令传送到调节设备601。

[0088] 在一些实施方式中,调节设备601可包括用于加热及/或冷却玻璃成形材料带103的一种或多种结构。例如,在一些实施方式中,调节设备601可以包括激光设备335。激光设备335可以包括激光发生器337及光束引导设备339。在一些实施方式中,激光发生器337可以发射激光束,其可以被引导朝向玻璃成形材料带103的位置303、305、307、或309之一者,这可以减少在位置303、305、307、或309处的粘度。在一些实施方式中,调节设备601可包括冷却设备603。冷却设备603可以包括例如具有一或多个开口的冷却管,一或多个开口形成在冷却管的壁中。冷却管可以是中空的并且可以接收冷却流体,例如空气。冷却流体可以流过冷却管的壁上的一或多个开口,并且可被引导朝向玻璃成形材料带103。在一些实施方式中,通过将冷却流体引导朝向玻璃成形材料带103的位置303、305、307、或309之一者,冷却设备603可以增加在位置303、305、307、或309之一者处的粘度并增加厚度。

[0089] 在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可以包括识别多个位置中的第一位置303,其中在第一位置303处的第一对应厚度超过目标厚度。例如,第一位置303处的第一对应厚度可以由厚度传感器301测量,并且控制装置325可以将第一对应厚度与来自目标厚度轮廓331的目标厚度进行比较。若第一对应厚度超过目标厚度,则在一些实施方式中,方法可以包括将激光束351及/或361引导朝向玻璃成形材料带103,以减少在第一位置303处的粘度并达到在第一位置303处的目标厚度。在一些实施方式中,引导激光束351及/或361可以包括将激光束351及/或361引导朝向流过第一堰203的第一玻璃成形材料流241、流过第二堰204的第二玻璃成形材料流243、或熔融带245中的一者或多者。在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可以包括识别多个位置中的第二位置305,其中在第二位置305处的第二对应厚度小于目标厚度。例如,第二位置305处的第二对应厚度可以由厚度传感器301测量,并且控制装置325可以将第二对应厚度与来自目标厚度轮廓331的目标厚度进行比较。若第二对应

厚度小于目标厚度,则在一些实施方式中,冷却流体605、607、609、611、621、623、625、及/或627可被引导朝向玻璃成形材料带103,以增加在特定位置处的粘度并达到在此位置处的目标厚度。冷却流体605、607、609、611、621、623、625、及/或627可以被引导朝向与激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367相同的玻璃成形材料带103的位置。例如,在一些实施方式中,冷却流体605、607、609、及/或611可以被引导朝向熔融带245,尽管在一些实施方式中,冷却流体621、623、625、及/或627可被引导朝向流过第一堰203的第一玻璃成形材料流241或流过第二堰204的第二玻璃成形材料流243中的一者或两者。

[0090] 在一些实施方式中,若第二位置305被识别为包括小于目标厚度的第二对应厚度,则制造玻璃带的方法可以包括将冷却流体607及/或623引导朝向玻璃成形材料带103,以增加在第二位置305处的粘度,并达到在第二位置305处的目标厚度。例如,引导冷却流体607可以包括将冷却流体607及/或623引导朝向流过第一堰203的第一玻璃成形材料流241、流过第二堰204的第二玻璃成形材料流243、或熔融带245中的一者或多者。例如,冷却流体623可以被引导朝向流过第一堰203的第一玻璃成形材料流241或流过第二堰204的第二玻璃成形材料流243中的一者或多者,而冷却流体607可被引导朝向熔融带245的第二位置305。如此,依据特定位置处的厚度是否大于或小于目标厚度,控制装置325可造成玻璃成形材料带103的厚度变化。例如,当测得的厚度在特定位置超过目标厚度时,控制装置325可使激光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞击在玻璃成形材料带103上,并降低粘度,从而减小厚度并达到在此位置处的目标厚度。当在特定位置处测得的厚度小于目标厚度时,控制装置325可使冷却流体605、607、609、611、621、623、625、及/或627撞击在玻璃成形材料带103上,并增加粘度,从而增大厚度并达到在此位置处的目标厚度。

[0091] 参考图7,在一些实施方式中,依据已经与第二带部分403分离的第一带部分401的检测到的厚度,控制装置325可以控制加热玻璃成形材料带103(例如,以减低粘度并减小厚度)或冷却玻璃成形材料带103(例如,以增加一位置处的粘度并增加厚度)中的一者或两者。例如,在一些实施方式中,图7中的玻璃制造设备100在一些方面可以类似于图3、图4及图6的玻璃制造设备100。例如,图7的玻璃制造设备100可包括厚度传感器301,其可在将第一带部分401与第二带部分403分离之后,测量第一带部分401的厚度。在一些实施方式中,厚度传感器301可以产生厚度轮廓321,并且通过通信线路327将厚度轮廓321传输至控制装置325。控制装置325可以接收目标厚度轮廓331,并且依据厚度轮廓321和目标厚度轮廓331之间的比较,控制装置325可以将指令传输到调节设备601,其可以包括激光设备335及冷却设备603。

[0092] 在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可以包括产生玻璃成形材料带103的预测的厚度轮廓,其包括在多个位置303、305、307、及/或309处的预测的厚度。例如,在一些实施方式中,预测的厚度轮廓可以包括图5中所示的模型预测控制503。模型预测控制503可以预测程序的未来行为,例如,在将来的某些时间在多个位置303、305、307、或309处的玻璃成形材料带103的预测的厚度轮廓。在一些实施方式中,识别第一位置(例如,其中第一位置处的对应厚度超过目标厚度)可以包括,将预测的厚度轮廓与在多个位置411、413、415、或417处检测到的厚度进行比较。例如,参考图5,可以在预测的状态向量510与测量的状态向量508之间进行比较511,预测的状态向量510可从模型预测控制503获得,测量的状态向量508可以包括在多个位置411、413、415、或417处由厚度传感器301检测到的厚度。依据此比较,若

存在差异,则差异可以由过滤后的延迟的状态预测误差521表示。在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可以包括依据预测的厚度轮廓与在多个位置411、413、415、或417处检测到的厚度之间的比较,来产生第二带部分403的第二厚度轮廓。例如,如图5所示,可以将过滤后的延迟的状态预测误差521添加到无延迟的预测的状态向量506,以产生校正后的状态向量527。可以将校正后的状态向量527传送到模型预测控制503,随后可以依据校正后的状态向量527来更新模型预测控制503,从而产生第二厚度轮廓。在一些实施方式中,第二厚度轮廓可以包括更新的厚度轮廓(例如,在初始预测的厚度轮廓之后),且控制装置325可以依据第二厚度轮廓将控制指令传递给调节设备601。

[0093] 在一些实施方式中,可以由控制装置325传送到调节设备601的控制指令,可以包括加热及/或冷却第二带部分403的指令。例如,在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可包括识别多个位置411、413、415、或417中的第三位置415,其中在第三位置处的第三对应厚度小于目标厚度。在一些实施方式中,制造玻璃带的方法可以包括将冷却流体(例如,第三冷却流体615及/或625)引导朝向与第一带部分401的第三位置415相对应的第二带部分403的第四位置309,以增加在第四位置309处的粘度,并达到在第四位置309处的目标厚度。

[0094] 通过用厚度传感器301检测玻璃成形材料带103的厚度,可以产生厚度轮廓,并将其传输到控制装置325。控制装置325可以将检测到的厚度轮廓与目标厚度轮廓及/或预测的厚度轮廓进行比较,并且在玻璃成形材料带103的一位置处引起加热(例如,通过激光设备335)及/或冷却(例如,通过冷却设备603),以调节在此位置处的厚度。在一些实施方式中,例如,如图3和图6中所示,由于厚度传感器301检测到厚度的位置与玻璃成形材料带103的加热和/或冷却发生的位置之间的紧密接近,控制装置325可包括厚度的实时控制。附加地或可替代地,在一些实施方式中,如图4和图7中所示,在厚度传感器301检测第一带部分401的厚度之前,控制装置325可以解决由第一带部分401的分离引起的时间延迟。在一些实施方式中,如图5中所示,控制装置325可以通过产生预测的厚度轮廓来对激光设备335(及/或冷却设备603)的影响进行建模,预测的厚度轮廓可以基于激光设备335(及/或冷却设备603)的功率、时间延迟、基于输入的位置和周围位置的厚度变化等来预测厚度的响应。如此,图5的控制方案就可以提供对厚度的更精确控制。

[0095] 应当理解,尽管已经相对于其某些说明性和特定示例详细地描述了各种实施方式,但是本案不应被认为受限于此,因为在不脱离本案的权利要求书的情况下,可以对所公开的特征进行多种修改和组合。

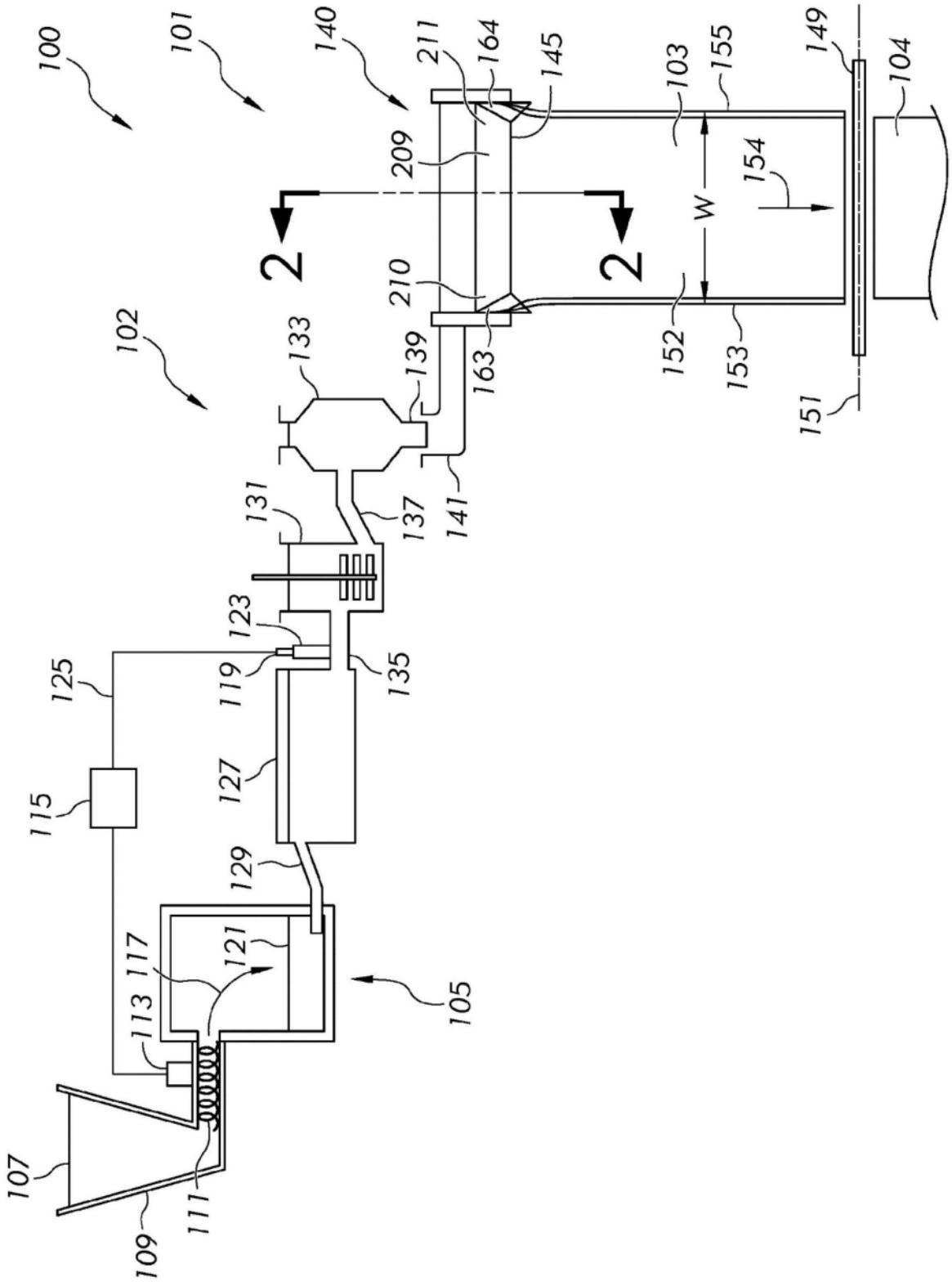

100
101
140
211
164
145
103
155
149
104
209
154
W
2
2
210
102
133
139
163
152
153
151
131
137
141
123
125
119
135
127
115
129
121
117
113
105
107
111
109

图1

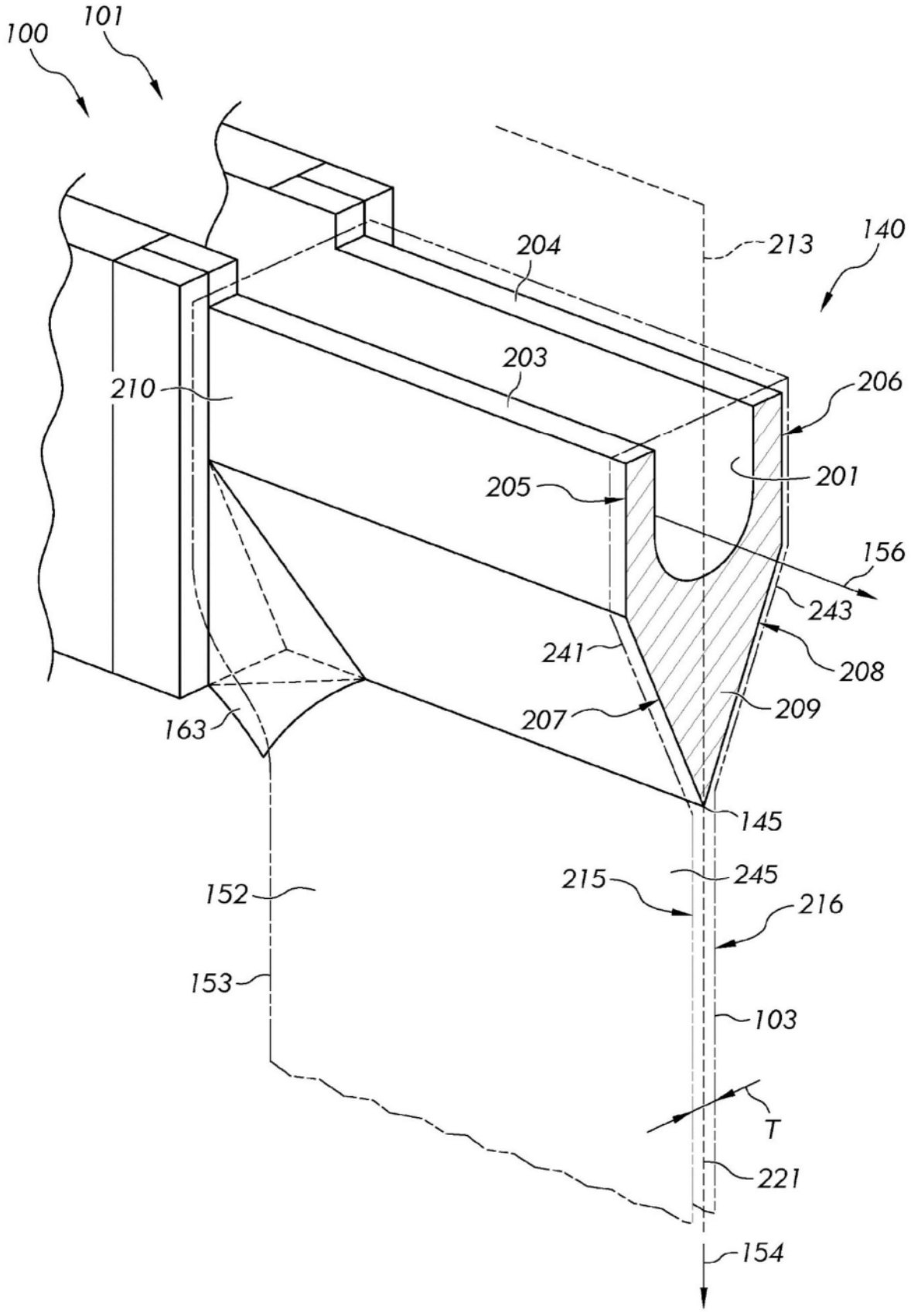

100
101
204
213
140
203
210
206
205
201
156
243
241
208
207
209
163
145
152
215
245
216
153
103
T
221
154

图2

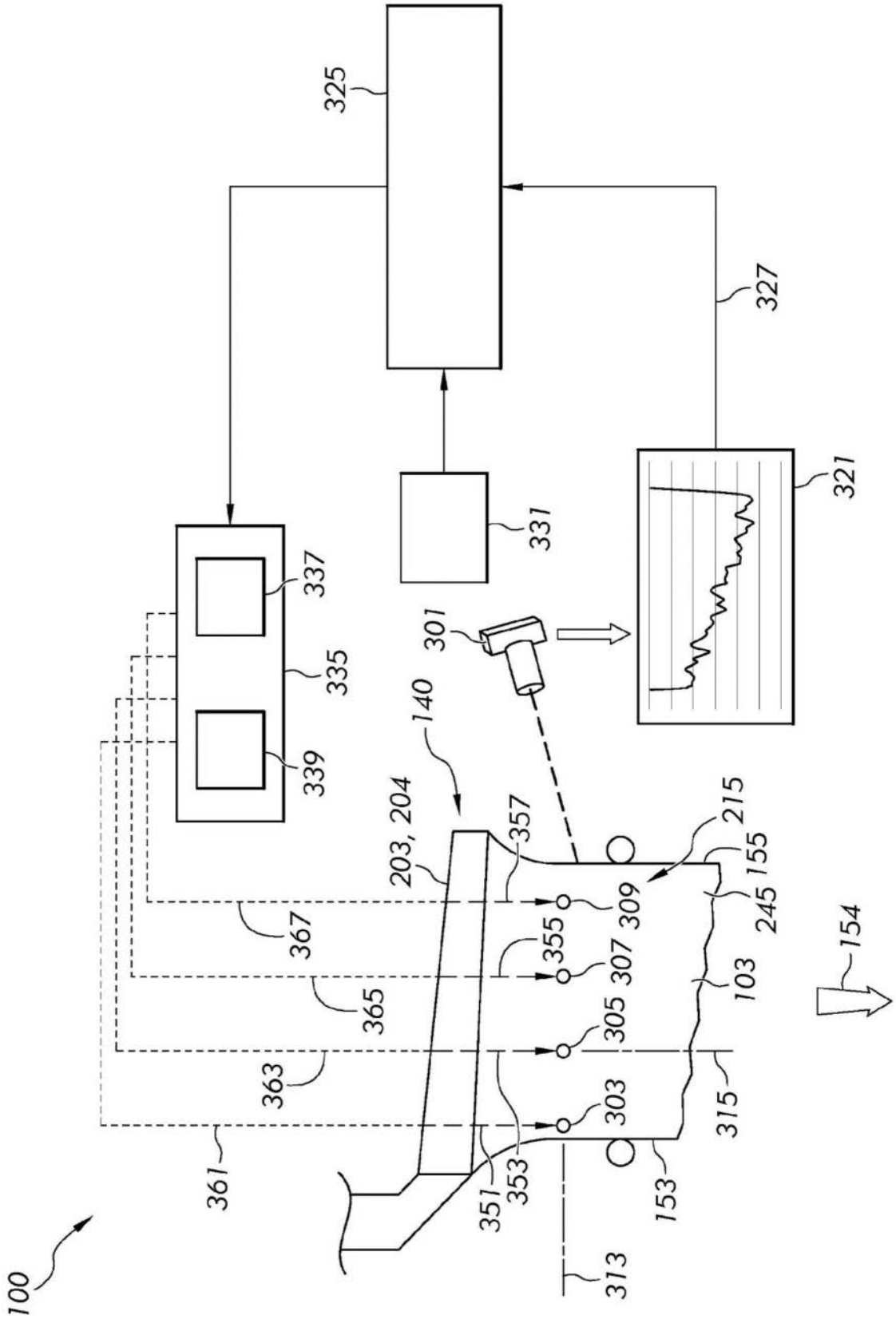

325
327
321
331
337
335
339
301
140
203, 204
357
215
155
309
245
355
307
154
367
365
305
103
363
303
315
361
353
351
153
313
100

图3

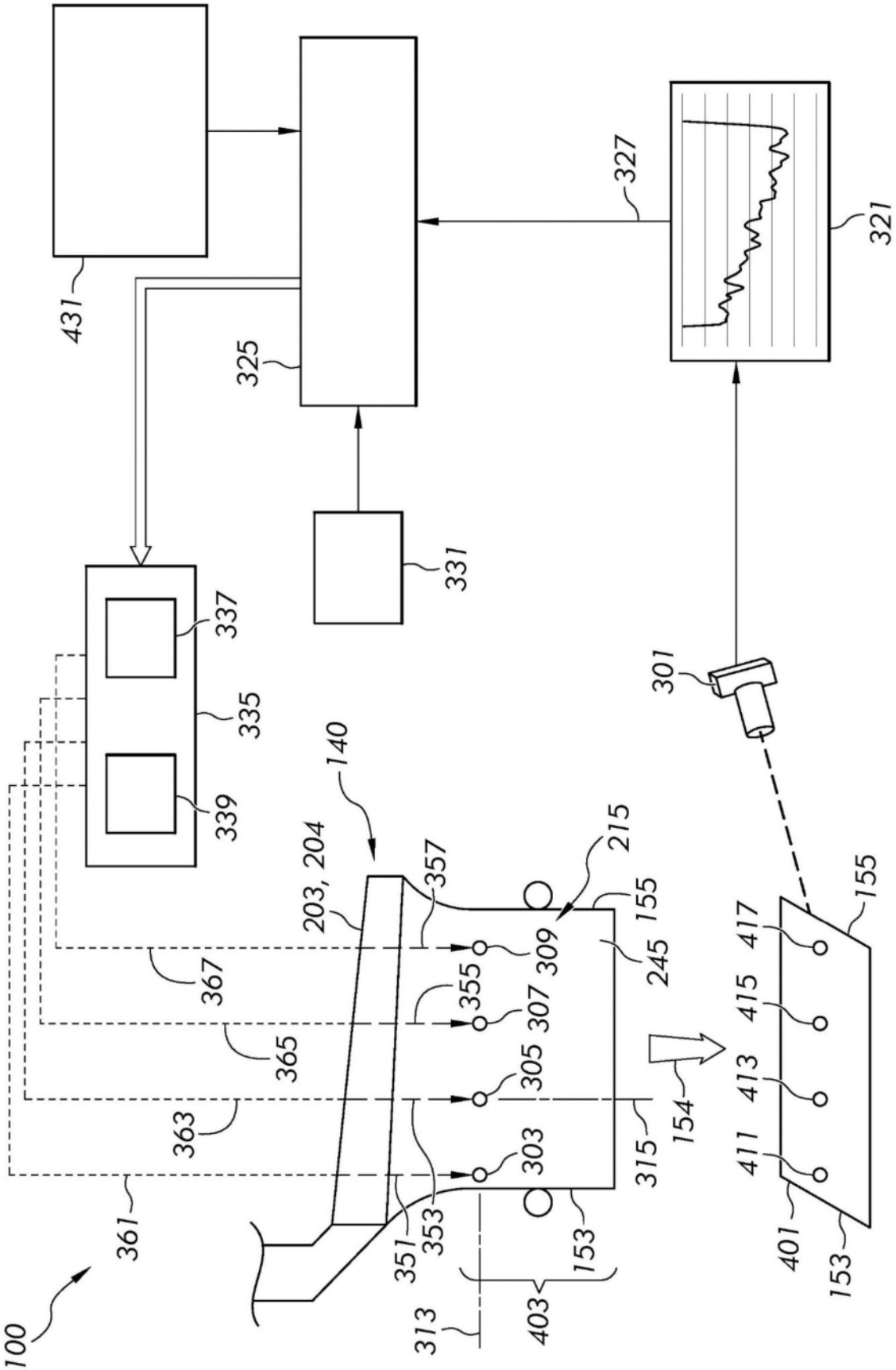

431
325
327
321
331
337
335
339
140
203, 204
357
215
155
309
245
367
355
307
365
305
363
303
315
154
361
353
351
153
313
403
100
301
417
415
413
411
401
155
153

图4

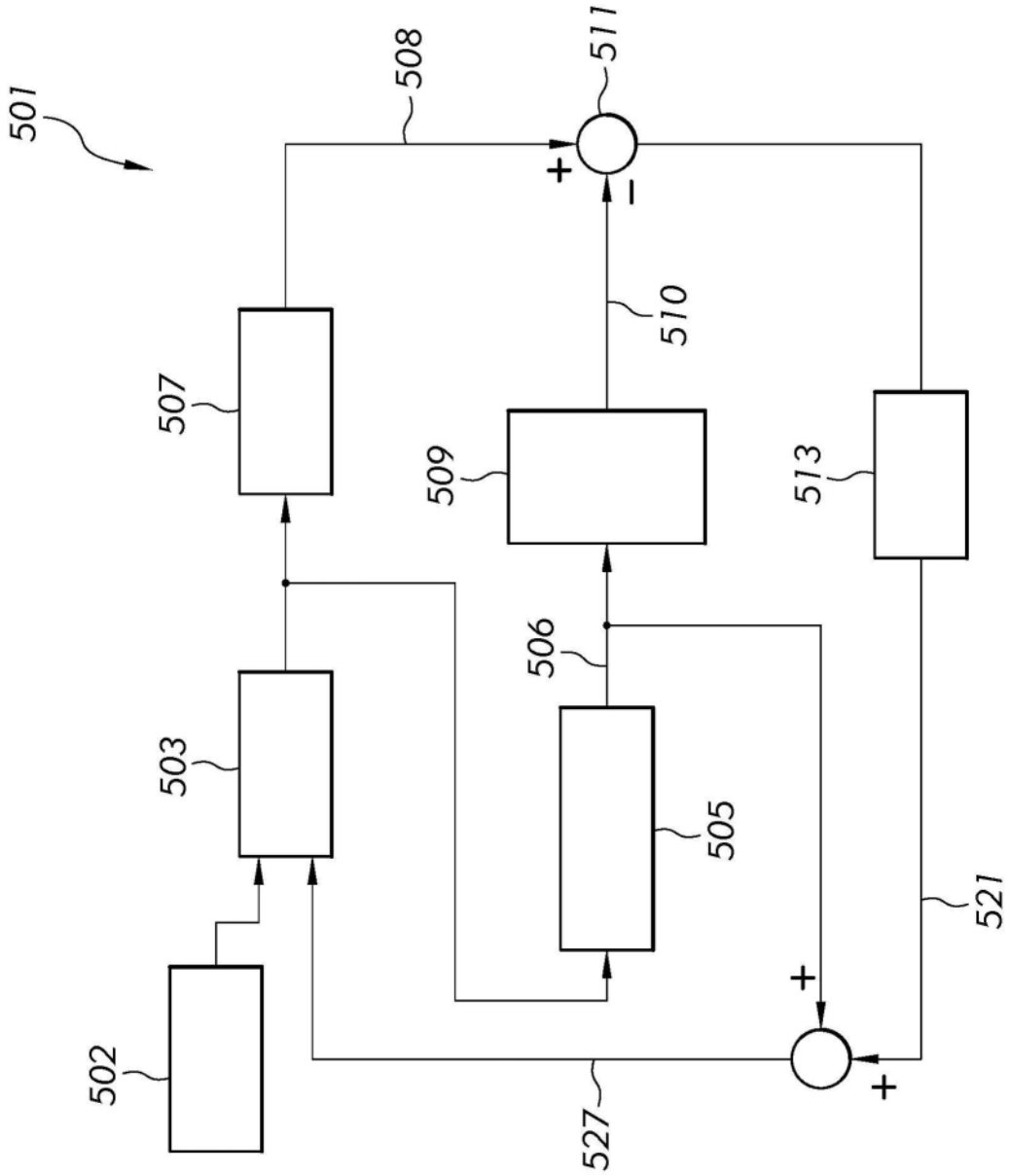


图5

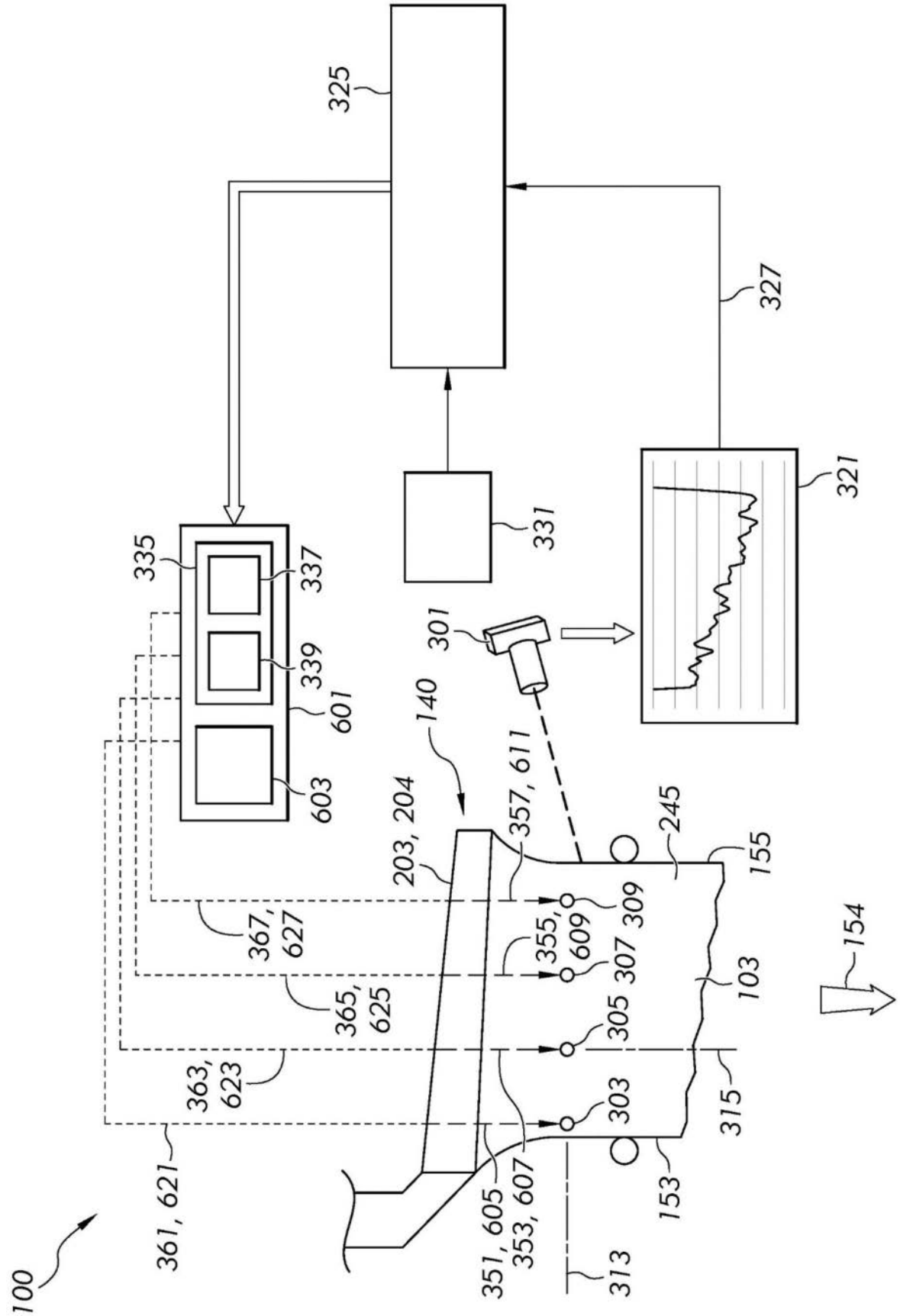

325
327
321
331
335
337
339
601
603
301
140
357, 611
203, 204
245
155
309
355, 609
307
305
303
367, 627
365, 625
363, 623
361, 621
351, 605
353, 607
313
315
153
103
154
100

图6

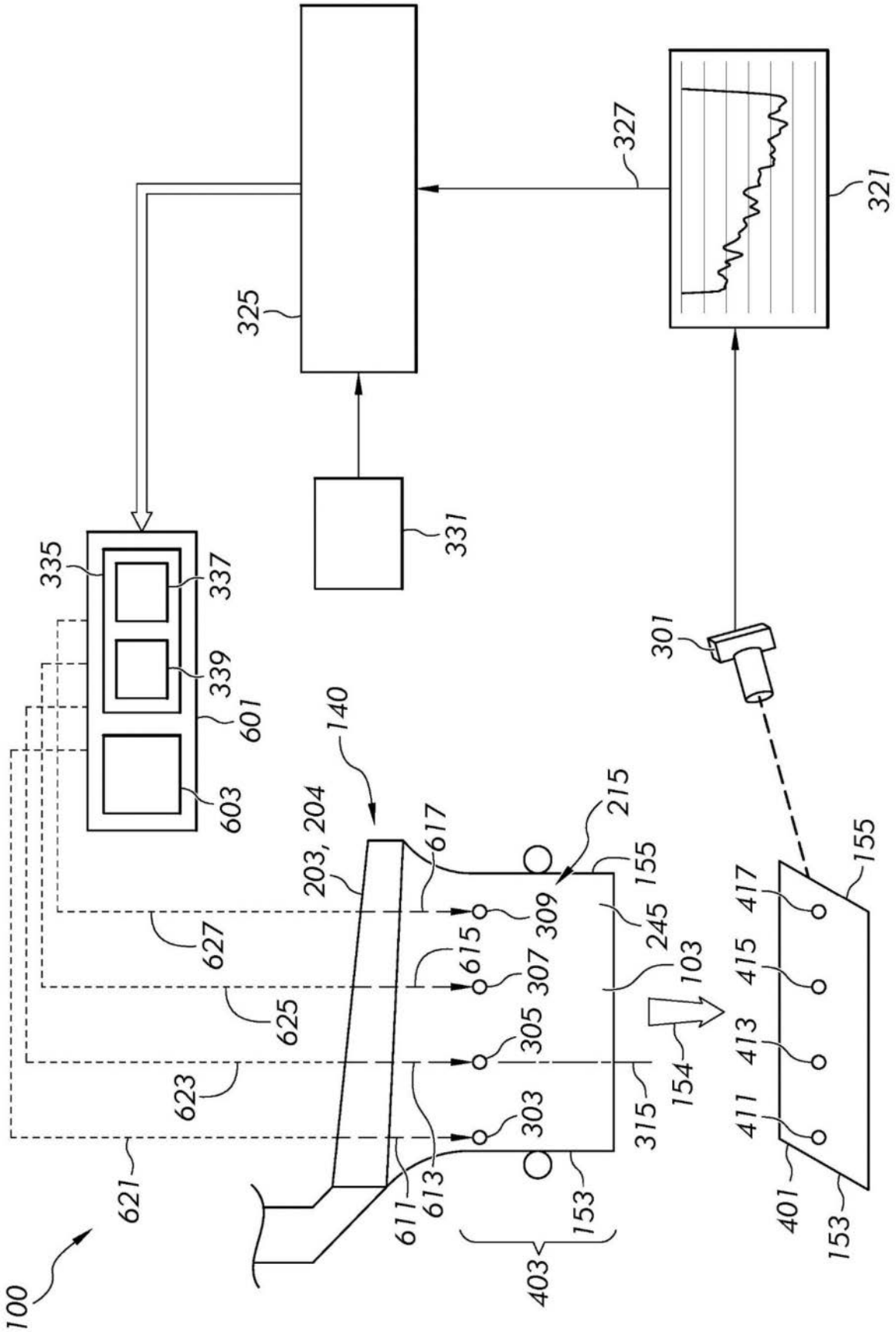

327
321
325
331
335
337
339
601
603
140
203, 204
617
215
155
309
245
627
615
307
103
625
305
623
154
315
303
621
611
613
153
403
301
155
417
415
413
411
401
153
100

图7