I878390

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 **(11)證書號數：TW I878390 B**

(45)公告日： 中華民國 114 (2025) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：109141496 (22)申請日： 中華民國 109 (2020) 年 11 月 26 日

(51)Int. Cl.： *C03B17/06 (2006.01)* *B23K26/00 (2014.01)*
B23K26/53 (2014.01) *G01N21/88 (2006.01)*
G01N33/38 (2006.01) *G05D5/03 (2006.01)*

(30)優先權：2019/12/02 美國 62/942,258

(71)申請人：美商康寧公司 (美國) CORNING INCORPORATED (US)
美國

(72)發明人：艾倫斯 傑佛瑞霍華德 AHRENS, JEFFREY HOWARD (US)；浩克比維 法蘭克奧立佛 HOUNKPEVI, FRANCK OLIVIER (US)；萊布蘭克 菲利普羅柏特 LEBLANC, PHILIP ROBERT (CA)；麥凱恩托許 羅伯特亞瑟 MCLNTOSH, ROBERT ARTHUR (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

CN 107032587A

審查人員：鄭詠文

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：7 共 64 頁

(54)名稱

製造玻璃帶之方法及設備

(57)摘要

本案提供一種製造玻璃帶的方法，包括沿著在行進方向上的行進路徑移動玻璃成形材料帶。方法包括在玻璃成形材料帶的複數個位置處偵測玻璃成形材料帶的厚度。方法包括識別複數個位置中的一位置，其中在此位置處的對應厚度超過目標厚度。方法包括將厚度變化率及對應厚度與目標厚度之間的厚度差與一雷射功率進行關聯。方法包括以此雷射功率將雷射光束引導朝向玻璃成形材料帶，以減少在此位置處的黏度並達到在此位置處的目標厚度。

Methods of manufacturing a glass ribbon include moving a ribbon of glass-forming material along a travel path in a travel direction. Methods include sensing a thickness of the ribbon of glass-forming material at a plurality of locations of the ribbon of glass-forming material. Methods include identifying a location of the plurality of locations in which a corresponding thickness at the location exceeds a target thickness. Methods include correlating a rate of thickness change and a thickness difference between the corresponding thickness and the target thickness to a laser power. Methods include directing a laser beam at the laser power toward the ribbon of glass-forming material to decrease a viscosity at the location and attain the target thickness at the location.

指定代表圖：

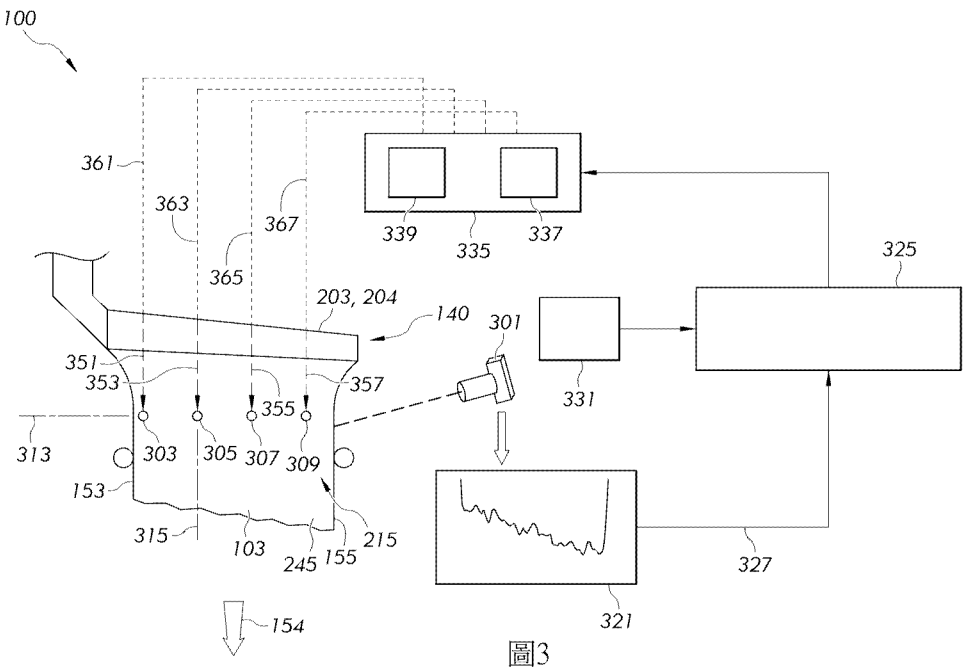


圖3

符號簡單說明：

100:玻璃製造設備

103:玻璃成形材料帶

140:成形容器

153:第一外邊緣

155:第二外邊緣

203:第一堰

204:第二堰

215:第一主表面

245:熔融帶

301:厚度偵測器

303:第一位置

305:第二位置

307:第三位置

309:第四位置

313:第一軸

315:第二軸

321:厚度輪廓

325:控制裝置

327:通訊線路

331:目標厚度輪廓

335:雷射設備

337:雷射發生器

339:光束引導設備

351:第一雷射光束

353:第二雷射光束

355:第三雷射光束

357:第四雷射光束

361:第一雷射光束

363:第二雷射光束

365:第三雷射光束

367:第四雷射光束

I878390

【發明摘要】

【中文發明名稱】製造玻璃帶之方法及設備

【英文發明名稱】METHODS AND APPARATUS FOR MANUFACTURING A GLASS RIBBON

【中文】

本案提供一種製造玻璃帶的方法，包括沿著在行進方向上的行進路徑移動玻璃成形材料帶。方法包括在玻璃成形材料帶的複數個位置處偵測玻璃成形材料帶的厚度。方法包括識別複數個位置中的一位置，其中在此位置處的對應厚度超過目標厚度。方法包括將厚度變化率及對應厚度與目標厚度之間的厚度差與一雷射功率進行關聯。方法包括以此雷射功率將雷射光束引導朝向玻璃成形材料帶，以減少在此位置處的黏度並達到在此位置處的目標厚度。

【英文】

Methods of manufacturing a glass ribbon include moving a ribbon of glass-forming material along a travel path in a travel direction. Methods include sensing a thickness of the ribbon of glass-forming material at a plurality of locations of the ribbon of glass-forming material. Methods include identifying a location of the plurality of locations in which a corresponding thickness at the location exceeds a target thickness. Methods include correlating a rate of thickness change and a thickness difference between the corresponding thickness and the target thickness to a laser power. Methods include directing a laser beam at the laser power toward the ribbon of glass-forming material to decrease a viscosity at the location and attain the target thickness at the location.

【指定代表圖】第（ 3 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

100：玻璃製造設備

103：玻璃成形材料帶

140：成形容器

153：第一外邊緣

155：第二外邊緣

203：第一堰

204：第二堰

215：第一主表面

245：熔融帶

301：厚度偵測器

303：第一位置

305：第二位置

307：第三位置

309：第四位置

313：第一軸

315：第二軸

321：厚度輪廓

325：控制裝置

327：通訊線路

331：目標厚度輪廓

335：雷射設備

337：雷射發生器

339：光束引導設備

351：第一雷射光束

353：第二雷射光束

355：第三雷射光束

357：第四雷射光束

361：第一雷射光束

363：第二雷射光束

365：第三雷射光束

367：第四雷射光束

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】製造玻璃帶之方法及設備

【英文發明名稱】METHODS AND APPARATUS FOR MANUFACTURING A GLASS RIBBON

【技術領域】

【0001】 本案根據專利法請求2019年12月2日提出申請的美國臨時申請案第62/942,258號的優先權，此案的內容被本文所依據並透過引用整體併入本文。

【0002】 本案大致上涉及用於製造玻璃帶的方法，且更具體地，涉及藉由控制玻璃帶的厚度來製造玻璃帶的方法。

【先前技術】

【0003】 目前已知用玻璃製造設備將熔融材料製造成玻璃帶。為了生產具有目標厚度的玻璃帶，可以測量玻璃帶的厚度。然而，若玻璃帶的一位置處的厚度偏離目標厚度，則測量玻璃帶的厚度可能需要調整玻璃帶的此位置處的厚度。

【發明內容】

【0004】 以下呈現本案的簡化概述，以提供對在詳細描述中描述的一些實施例的基本理解。

【0005】 在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括控制裝置，控制裝置可以控制玻璃成形材料帶的厚度。當玻璃成形材料帶沿著在行進方向上的行進路徑移動時，厚度偵測器可以偵測厚度，或者在一些實施例中，厚度偵測器可以在第一帶部分分離之後偵測厚度。控制裝置可以識別

玻璃成形材料帶的偏離目標厚度的任何位置。控制裝置可以控制雷射設備及/或冷卻管，以向玻璃成形材料帶提供局部加熱及/或冷卻。控制裝置可以進一步考慮可能發生的任何時間延遲及/或製程干擾，從而提供對玻璃成形材料帶的更精確的厚度控制。

【0006】 根據一些實施例，製造玻璃帶的方法可以包括步驟：沿著在行進方向上的行進路徑移動玻璃成形材料帶。方法可以包括步驟：偵測在玻璃成形材料帶的複數個位置處的玻璃成形材料帶的厚度。方法可以包括步驟：識別複數個位置中的一位置，其中在此位置處的對應厚度超過目標厚度。方法可以包括步驟：將厚度變化率及對應厚度與目標厚度之間的厚度差與一雷射功率進行關聯。方法可以包括步驟：以此雷射功率將雷射光束引導朝向玻璃成形材料帶，以減少在此位置處的黏度，並達到在此位置處的目標厚度。

【0007】 在一些實施例中，識別步驟可以包括步驟：識別複數個位置中的一第二位置，其中在第二位置處的第二對應厚度小於目標厚度。

【0008】 在一些實施例中，方法可包括將冷卻流體引導朝向玻璃成形材料帶，以增加在第二位置處的黏度並達到在第二位置處的目標厚度。

【0009】 在一些實施例中，方法可包括使第一玻璃成形材料流流過成形楔的第一堰。方法可以包括使第二玻璃成形

材料流流過成形楔的第二堰。方法可以包括將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帶。

【0010】 在一些實施例中，引導雷射光束的步驟可包括：將雷射光束引導朝向流過第一堰的第一玻璃成形材料流、流過第二堰的第二玻璃成形材料流、或熔融帶中的一者或多者。

【0011】 在一些實施例中，偵測玻璃成形材料帶的厚度的步驟可發生在沿著大致垂直於行進方向的第一軸而間隔開的複數個位置處。

【0012】 在一些實施例中，在將玻璃成形材料帶的第一帶部分與第二帶部分分離之後，偵測玻璃成形材料帶的厚度的步驟可發生在玻璃成形材料帶的第一帶部分中。

【0013】 根據一些實施例，製造玻璃帶的方法可以包括沿著在行進方向上的行進路徑移動玻璃成形材料帶。方法可以包括偵測在玻璃成形材料帶的複數個位置處的玻璃成形材料帶的厚度。方法可以包括識別複數個位置中的第一位置及複數個位置中的第二位置，其中在第一位置處的第一對應厚度超過目標厚度，其中在第二位置處的第二對應厚度小於目標厚度。方法可以包括將雷射光束指向玻璃成形材料帶，以減少在第一位置處的黏度並達到在第一位置處的目標厚度。方法可以包括將冷卻流體引導朝向玻璃成形材料帶，以增加在第二位置處的黏度並達到在第二位置處的目標厚度。

【0014】 在一些實施例中，方法可包括使第一玻璃成形材料流流過成形楔的第一堰。方法可以包括使第二玻璃成形材料流流過成形楔的第二堰。方法可以包括將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帶。

【0015】 在一些實施例中，引導雷射光束的步驟可包括：將雷射光束引導朝向流過第一堰的第一玻璃成形材料流、流過第二堰的第二玻璃成形材料流、或熔融帶中的一者或多者。

【0016】 在一些實施例中，在將玻璃成形材料帶的第一帶部分與第二帶部分分離之後，偵測玻璃成形材料帶的厚度的步驟可發生在玻璃成形材料帶的第一帶部分中。

【0017】 在一些實施例中，方法可以包括計算在第一帶部分的分離與厚度偵測之間的時間延遲。方法可以包括依據時間延遲，將雷射光束與冷卻流體引導朝向第二帶部分。

【0018】 根據一些實施例，製造玻璃帶的方法可以包括沿著在行進方向上的行進路徑移動玻璃成形材料帶。方法可以包括將玻璃成形材料帶的第一帶部分與玻璃成形材料帶的第二帶部分分離。方法可以包括偵測在第一帶部分的複數個位置處的厚度。方法可以包括識別複數個位置中的第一位置，其中在第一位置處的對應厚度超過目標厚度。方法可以包括計算在第一帶部分的分離與厚度偵測之間的時間延遲。方法可以包括依據此時間延遲以一雷射功率將雷射光束引導朝向與第一帶部分的第一位置相對應的第二帶

部分的第二位置，以減少第二位置處的黏度並達到在第二位置處的目標厚度。

【0019】 在一些實施例中，方法可以包括產生玻璃成形材料帶的預測厚度輪廓，預測厚度輪廓包括在複數個位置處的預測厚度。

【0020】 在一些實施例中，識別第一位置的步驟可以包括將預測的厚度輪廓與在複數個位置處偵測到的厚度進行比較。

【0021】 在一些實施例中，方法可以包括依據預測的厚度輪廓與在複數個位置處偵測到的厚度之間的比較來產生第二帶部分的第二厚度輪廓。

【0022】 在一些實施例中，方法可以包括識別複數個位置中的第三位置，其中在第三位置處的第三對應厚度小於目標厚度。

【0023】 在一些實施例中，方法可以包括將冷卻流體引導朝向與第一帶部分的第三位置相對應的第二帶部分的第四位置，以增加在第四位置處的黏度並達到在第四位置處的目標厚度。

【0024】 在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括沿著在行進方向上的行進路徑移動玻璃成形材料帶。方法可以包括在玻璃成形材料帶的複數個位置處偵測玻璃成形材料帶的厚度。方法可以包括識別複數個位置中的一位置或複數個位置中的第二位置中的一或多者，其中在此位置處的對應厚度超過目標厚度，其中在第二位置處的第二對應

厚度小於目標厚度。方法可以包括當此位置處的對應厚度超過目標厚度時，將厚度變化率和對應厚度與目標厚度之間的厚度差與一雷射功率進行關聯。方法可以包括下列一或多者：以此雷射功率將雷射光束引導朝向玻璃成形材料帶，以減少此位置處的黏度並達到在此位置處的目標厚度，或者將冷卻流體引導朝向玻璃成形材料帶以增加在第二位置處的黏度並達到在第二位置處的目標厚度。

【0025】 本案揭示的實施例的附加特徵和優點將在以下的詳細說明中闡述，並且對於熟習本領域者而言，根據此說明將是部分顯而易見的，或者透過實施本文所述的實施例，包括隨後的詳細說明、申請專利範圍、及附圖而能理解。應當理解，前面的一般說明和以下的詳細說明都提出了實施例，目的在提供用於理解本案揭示的實施例的性質和特徵的概述或框架。包括的附圖以提供進一步的理解，並且附圖被併入本說明書中並構成本說明書的一部分。附圖示出了本案的各種實施例，並且與說明書一起解釋了其原理和操作。

【圖式簡單說明】

【0026】 當參考附圖閱讀以下詳細描述時，將更佳地理解這些及其他特徵、實施例、及優點，其中：

【0027】 圖1示意性地示出了根據本案的實施例的玻璃製造設備的示例實施例；

【0028】 圖2示出了根據本案的實施例沿圖1的線2-2的玻璃製造設備的剖面視圖；

【0029】 圖3示出了用於偵測和控制玻璃成形材料帶的厚度的玻璃製造設備的厚度偵測器與控制裝置；

【0030】 圖4示出了厚度偵測器，其在第一部分與第二部分分離之後，偵測玻璃成形材料帶的第一部分的厚度；

【0031】 圖5示出了用於偵測和控制玻璃成形材料帶的厚度的控制方案；

【0032】 圖6示出了偵測玻璃成形材料帶的厚度的厚度偵測器及加熱及/或冷卻一部分的玻璃成形材料帶的調節設備；

【0033】 圖7示出了在第一部分與第二部分分離之後，偵測玻璃成形材料帶的第一部分的厚度的厚度偵測器，與加熱及/或冷卻一部分的玻璃成形材料帶的調節設備。

【實施方式】

【0034】 將在下文中參考圖示出示例實施例的附圖來更全面地說明實施例。在所有附圖中，儘可能地使用相同的元件符號指代相同或相似的零件。然而，本案可以以許多不同的形式來實現，並且不應該被解釋為限於這裡闡述的實施例。

【0035】 本案涉及玻璃製造設備和用於生產玻璃帶的方法。現在將透過示例性實施例描述用於生產玻璃帶的方法和設備，示例性實施例用於由玻璃成形材料帶生產玻璃帶。如圖1中示意性所示，在一些實施例中，示例性玻璃製造設備100可包括玻璃熔化和輸送設備102，及包括成形容器140的成形設備101，成形容器140經設計以由一定量的

熔融材料121產生玻璃成形材料帶103。在一些實施例中，玻璃成形材料帶103可包括中央部分152，其位於沿玻璃成形材料帶103的第一外邊緣153和第二外邊緣155形成的相對邊緣部分（例如，邊緣珠）之間，其中邊緣部分的厚度可以大於中央部分的厚度。另外，在一些實施例中，分離的玻璃帶104可藉由玻璃分離器149（例如，劃線、刻痕輪、金剛石尖端、雷射等）沿著分離路徑151而與玻璃成形材料帶103分離。

【0036】 在一些實施例中，玻璃熔化和輸送設備102可包括熔化容器105，其經定向以從儲存箱109接收批料107。批料107可以藉由由馬達113提供動力的批次輸送裝置111引入。在一些實施例中，可選的控制器115可經操作以啟動馬達113，以將所需量的批料107引入到熔化容器105中，如箭頭117所示。熔化容器105可以加熱批料107以提供熔融材料121。在一些實施例中，可以採用熔體探針119來測量豎管123內的熔融材料121的水平，並且藉由通訊線路125將所測量的資訊傳遞至控制器115。

【0037】 另外，在一些實施例中，玻璃熔化和輸送設備102可以包括第一調節站，其包括位於熔化容器105下游的澄清容器127，且澄清容器127藉由第一連接導管129耦接至熔化容器105。在一些實施例中，可透過第一連接導管129將熔融材料121從熔化容器105重力供給至澄清容器127。例如，在一些實施例中，重力可以驅動熔融材料121通過第一連接導管129的內部路徑從熔化容器105到澄清

容器127。另外，在一些實施例中，可以藉由各種技術去除澄清容器127內的熔融材料121的氣泡。

【0038】 在一些實施例中，玻璃熔化和輸送設備102可進一步包括第二調節站，其包括可位於澄清容器127下游的混合腔室131。混合腔室131可用於提供熔融材料121的均勻組成，從而減少或消除否則可能在離開澄清容器127的熔融材料121內存在的不均勻性。如圖所示，澄清容器127可以藉由第二連接導管135連接到混合腔室131。在一些實施例中，熔融材料121可以藉由第二連接導管135從澄清容器127重力供給至混合腔室131。例如，在一些實施例中，重力可以驅動熔融材料121通過第二連接導管135的內部路徑，而從澄清容器127至混合腔室131。

【0039】 另外，在一些實施例中，玻璃熔化和輸送設備102可以包括第三調節站，其包括可以位於混合腔室131下游的輸送腔室133。在一些實施例中，輸送腔室133可以調節熔融材料121以將其饋送到入口導管141中。例如，輸送腔室133可以用作蓄積器及/或流量控制器，以向入口導管141調節並提供一致的流量的熔融材料121。如圖所示，混合腔室131可藉由第三連接導管137耦接到輸送腔室133。在一些實施例中，可以藉由第三連接導管137將熔融材料121從混合腔室131重力供給至輸送腔室133。例如，在一些實施例中，重力可以驅動熔融材料121通過第三連接導管137的內部路徑，而從混合腔室131到輸送腔室133。如進一步所示，在一些實施例中，輸送管139可經定

位以將熔融材料121輸送至成形設備101，例如成形容器140的入口導管141。

【0040】 成形設備101可以包括根據本案的特徵的成形容器的各種實施例，例如，具有用於熔融拉伸玻璃帶的楔形的成形容器，具有用於狹槽拉伸玻璃帶的狹槽的成形容器，或設有壓輥以從成形容器中對玻璃帶進行壓輥的成形容器。在一些實施例中，成形設備101可包括片材再拉伸，例如，藉由作為再拉伸程序的一部分的成形設備101。例如，可以加熱可包括一厚度的玻璃帶104，隨後將其再拉伸以得到包括較小厚度的更薄的玻璃帶104。作為說明，可以提供以下示出和揭示的成形容器140，以將熔融材料121從成形楔209的底部邊緣（定義為根145）熔融拉伸以產生玻璃成形材料帶103。例如，在一些實施例中，熔融材料121可以從入口導管141輸送至成形容器140。隨後可以部分地依據成形容器140的結構，將熔融材料121成形為玻璃成形材料帶103。例如，如圖所示，熔融材料121可以沿著在玻璃製造設備100的行進方向154上延伸的拉伸路徑，從成形容器140的底部邊緣（例如，根145）被拉出。在一些實施例中，邊緣導向器163、164可以將熔融材料121引導離開成形容器140，並部分地限定玻璃成形材料帶103的寬度「W」。在一些實施例中，玻璃成形材料帶103的寬度「W」在玻璃成形材料帶103的第一外邊緣153和玻璃成形材料帶103的第二外邊緣155之間延伸。

【0041】 在一些實施例中，在玻璃成形材料帶103的第一外邊緣153與玻璃成形材料帶103的第二外邊緣155之間延伸的玻璃成形材料帶103的寬度「W」，可以大於或等於約20毫米（mm），例如大於或等於約50mm，例如大於或等於約100mm，例如大於或等於約500mm，例如大於或等於約1000mm，例如大於或等於約2000mm，例如大於或等於約3000mm，例如大於或等於約4000mm，儘管在其他實施例中可以提供小於或大於上述寬度的其他寬度。例如，在一些實施例中，玻璃成形材料帶103的寬度「W」可以在約20mm至約4000mm的範圍內，例如在約50mm至約4000mm的範圍內，例如在約100mm至約4000mm的範圍內，例如在約500mm至約4000mm的範圍內，例如在約1000mm至約4000mm的範圍內，例如在約2000mm至約4000mm的範圍內，例如在約3000mm至約4000mm的範圍內，例如在約20mm至約3000mm的範圍內，例如在約50毫米至約3000mm的範圍內，例如在約100mm至約3000mm的範圍內，例如在約500mm至約3000mm的範圍內，例如在約1000mm至約3000mm的範圍內，例如在約2000mm至約3000mm的範圍內，例如在約2000mm至約2500mm的範圍內，以及所有範圍及其之間的子範圍。

【0042】 圖2示出了沿圖1的線2-2的成形設備101（例如，成形容器140）的截面立體圖。在一些實施例中，成形容器140可以包括槽201，其經定向以從入口導管141

接收熔融材料121。用於說明的目的，為清楚起見，從圖2中去除了熔融材料121的交叉影線。成形容器140還可包括成形楔209，其包括在成形楔209的相對端210、211（見圖1）之間延伸的一對向下傾斜的會聚表面部分207、208。成形楔209的一對向下傾斜的會聚表面部分207、208可沿著行進方向154會聚以沿著成形容器140的根145相交。根145限定成形楔209的底部，在底部處向下傾斜的會聚表面部分207、208相交以形成一點。玻璃製造設備100的拉伸平面213可以沿著行進方向154延伸穿過根145。在一些實施例中，玻璃成形材料帶103可以沿著拉伸平面213在行進方向154上被拉伸。如圖所示，拉伸平面213可透過根145將成形楔209二等分，儘管在一些實施例中，拉伸平面213可相對於根145向其他方向延伸。在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括使玻璃成形材料帶103沿著在行進方向154上的行進路徑154移動，其中行進路徑221可以與拉伸平面213共面。

【0043】　另外，在一些實施例中，熔融材料121可沿方向156流入，並沿著成形容器140的槽201流動。接著，熔融材料121可藉由同時流過相應的堰203、204並向下流過相應的堰203、204的外表面205、206而從槽201溢出。例如，製造玻璃帶的方法可包括使第一玻璃成形材料流241流過成形楔209的第一堰203，並使第二玻璃成形材料流243流過成形楔209的第二堰204。第一玻璃成形材料流241與第二玻璃成形材料流243可沿著成形楔209的向下

傾斜的會聚表面部分207、208流動，以從成形容器140的根145被拉出。在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可包括將第一玻璃成形材料流241與第二玻璃成形材料流243熔合以形成熔融帶245。例如，第一流241和第二流243可以在根145處會聚並融合。在一些實施例中，可沿著行進方向154在拉伸平面213中從根145拉出熔融帶245。在一些實施例中，玻璃成形材料帶103可在熔合之前，在相對於行進方向154的根145的上游包括第一玻璃成形材料流241與第二玻璃成形材料流243，並且可包括在成形楔209的下游相對於行進方向154從根145拉出的熔融帶245。依據玻璃成形材料帶103的垂直位置，玻璃成形材料帶103可包括至少一種材料狀態。例如，在一個位置，玻璃成形材料帶103可包括黏性熔融材料121，而在另一位置，玻璃成形材料帶103可包括玻璃態的非晶態固體（例如，玻璃帶）。

【0044】 玻璃成形材料帶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，並且沿著垂直於第一主表面215或第二主表面216中的一者或兩者的一軸，限定玻璃成形材料帶103的厚度「T」（例如，平均厚度）。在一些實施例中，玻璃成形材料帶103的厚度「T」可以小於或等於約2毫米（mm），小於或等於約1毫米，小於或等於約0.5毫米，例如，小於或等於約300微米（μm），小於或等於約200微米，或小於或等於約100微米，儘管在進一步的實施例中可以提供

其他厚度。例如，在一些實施例中，玻璃成形材料帶103的厚度「T」可以在約20微米至約200微米的範圍內，在約50微米至約750微米的範圍內，在約100微米至約700微米的範圍內，在約200微米至約600微米的範圍內，在約300微米至約500微米的範圍內，在約50微米至約500微米的範圍內，在約50微米至約700微米的範圍內，在約50微米至約600微米的範圍內，在約50微米至約500微米的範圍內，在約50微米至約400微米的範圍內，在約50微米至約300微米的範圍內，在約50微米至約200微米的範圍內，在約50微米至約100微米的範圍內，在約25微米至約125微米的範圍內，包括其間所有厚度範圍與子範圍。另外，玻璃成形材料帶103可以包括多種成分，例如，硼矽酸鹽玻璃、鋁硼矽酸鹽玻璃、含鹼玻璃、或無鹼玻璃、鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃、鹼土金屬鋁矽酸鹽玻璃，鹼石灰玻璃等。

【0045】 在一些實施例中，玻璃分離器149（見圖1）可以沿著分離路徑151將玻璃帶104與玻璃成形材料帶103分離，以提供多個分離的玻璃帶104（即，複數個玻璃板）。根據其他實施例，玻璃帶104的較長部分可以被纏繞到儲存輥上。接著可以將分離的玻璃帶加工成所需的應用，例如顯示器應用。例如，分離的玻璃帶可用於多種顯示應用，包括液晶顯示器（LCD）、電泳顯示器（EPD）、有機發光二極體顯示器（OLED）、電漿顯示面板（PDP）、觸控偵測器、光電及其他電子顯示器。

【0046】 圖3示出了成形容器140的示意圖。在一些實施例中，玻璃製造設備100可以包括厚度偵測器301，其可以測量玻璃成形材料帶103的厚度（例如，圖2所示的厚度「T」）。例如，可以測量在玻璃成形材料帶103的第一主表面215和第二主表面216之間的厚度（例如，垂直於圖1所示的在第一外邊緣153與第二外邊緣155之間延伸的玻璃成形材料帶103的寬度「W」）。在一些實施例中，厚度偵測器301可以偵測在成形容器140的底部處(例如在相對於行進方向154在成形容器140的根145的下游)的玻璃成形材料帶103的厚度。在一些實施例中，厚度偵測器301可以包括以雷射為主的厚度測量裝置。

【0047】 在一些實施例中，厚度偵測器301可以在一或多個位置處偵測玻璃成形材料帶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等處。在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括在複數個位置（例如，第一位置303、第二位置305、第三位置307、第四位置309等）處，偵測玻璃成形材料帶103的厚度。偵測玻璃成形材料帶103的厚度可以在沿著第一軸313間隔開的複數個位置處進行，第一軸313可以大致垂直於行進方向154。例如，第一軸313可沿著大致平行於玻璃成形材料帶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帶103（例如，在第一外邊緣153與第二外邊緣155之間）。在一些實施例中，第一位置303與第一外邊緣153分開的距離，可小於第二位置305、第三

位置307、及/或第四位置309與第一外邊緣153分開的距離。在一些實施例中，第四位置309與第二外邊緣155分開的距離，可小於第一位置303、第二位置305、及/或第三位置307與第二外邊緣155分開的距離。在一些實施例中，第二位置305和第三位置307可以位於第一位置303與第四位置309之間。

【0048】 玻璃製造設備100非受限於沿著單一軸（如第一軸313）偵測玻璃成形材料帶103的厚度。反而，在一些實施例中，厚度偵測器301及/或附加厚度偵測器可以沿著一或多個相對於第一軸313成一定角度的軸，例如，沿著可大致垂直於第一軸313且大致平行於行進方向154的第二軸315，偵測玻璃成形材料帶103的厚度。第二軸315可以與第二位置305相交。在一些實施例中，厚度偵測器301及/或另外的厚度偵測器可以沿著大致平行於第一軸313及/或第二軸315的一或多個軸，偵測玻璃成形材料帶103的厚度。

【0049】 在一些實施例中，厚度偵測器301可在複數個位置處，例如在第一位置303、第二位置305、第三位置307、及第四位置309處，產生與厚度偵測器301所偵測的厚度相對應的厚度輪廓321。厚度偵測器301可以週期性地及/或連續地偵測玻璃成形材料帶103的厚度。例如，在一些實施例中，厚度偵測器301可以連續地（例如，沒有間斷或間隙）偵測複數個位置處的厚度，使得厚度偵測器301可以生成與玻璃成形材料帶103的實時厚度相對應的更新的

厚度輪廓321。玻璃成形材料帶103的實時厚度可以表示在測量玻璃成形材料帶103時的瞬間的厚度，於是玻璃成形材料帶103的厚度可以立即傳輸到一裝置（例如，控制裝置325）以進行處理。在一些實施例中，厚度偵測器301可以例如藉由偵測玻璃成形材料帶103的厚度，之後等待預定的時間而不偵測厚度，隨後再次檢測厚度等，來週期性地偵測複數個位置處的厚度。厚度偵測器301因此可以產生更新的厚度輪廓321，其可不對應於複數個位置處的實時厚度。在一些實施例中，厚度偵測器301可以在相對於成形容器140的靜態位置處偵測厚度。例如，在一些實施例中，厚度偵測器301可偵測複數個位置303、305、307、或309處的厚度，其中第一軸313以及複數個位置303、305、307、或309因而可位在距離根145一靜態且不變的距離處。

【0050】 在一些實施例中，玻璃製造設備100可以包括可耦接到厚度偵測器301的控制裝置325。控制裝置325可以包括例如電腦、類似電腦的裝置、可程式化邏輯控制器等。在一些實施例中，控制裝置325可經配置（例如，程式化、編碼、設計、及/或製成）以依據由厚度偵測器301偵測到的厚度，來實現玻璃成形材料帶103的厚度的改變。例如，厚度偵測器301可藉由通訊線路327（例如，有線、無線等）與控制裝置325通訊。厚度輪廓321可以透過通訊線路327從厚度偵測器301傳輸到控制裝置325。在一些實施例中，目標厚度輪廓331可以被傳輸到控制裝置325。目標厚度輪

廓331可包括玻璃成形材料帶103的目標厚度的操作範圍。例如，目標厚度輪廓331可以包括：在第一位置303處的第一目標厚度、在第二位置305處的第二目標厚度、在第三位置307處的第三目標厚度、以及在第四位置309處的第四目標厚度。

【0051】 在一些實施例中，玻璃製造設備100可以包括雷射設備335，其可以發射雷射光束以增加溫度並減少處於黏性狀態的一部分玻璃成形材料帶103的黏度，從而改變玻璃成形材料帶103的被雷射光束撞擊的部分的厚度。在一些實施例中，雷射設備335可以包括雷射發生器337。雷射發生器337可以產生並發射雷射光束。在一些實施例中，雷射發生器337可以包括高強度紅外雷射發生器，例如，二氧化碳（CO_2）雷射發生器。雷射發生器337可以產生雷射光束，此雷射光束的波長和功率足以增加溫度並減小玻璃成形材料帶103的被雷射光束撞擊的部分的黏度。在一些實施例中，為了控制來自雷射發生器337的雷射光束的定向，雷射設備335可以包括光束引導設備339。光束引導設備339可以包括反射表面，例如鏡子。光束引導設備339可以耦接至移動設備，移動設備可以例如藉由旋轉光束引導設備339及/或平移光束引導設備339來移動光束引導設備339。

【0052】 光束引導設備339可以接收來自雷射發生器337的雷射光束，並將雷射光束引導（例如，當光束引導設備339包括鏡子時反射）朝向玻璃成形材料帶103。例如，在

一些實施例中，光束引導設備339可以將雷射光束引導朝向第一位置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。在一些實施例中，光束引導設備339可以將第一雷射光束351引導朝向第一位置303，其中，第一雷射光束351可以在成形容器140的根145下方的位置處撞擊在玻璃成形材料帶103上。在一些實施例中，光束引導設備339可以將第二雷射光束353引導朝向第二位置305，其中，第二雷射光束353可以在成形容器140的根145下方的位置處撞擊在玻璃成形材料帶103上。在一些實施例中，光束引導設備339可以將第三雷射光束355引導朝向第三位置307，其中，第三雷射光束355可以在成形容器140的根145下方的位置處撞擊在玻璃成形材料帶103上。在一些實施例中，光束引導設備339可以將第四雷射光束357引導朝向第四位置309，其中，第四雷射光束357可以在成形容器140的根145下方的位置處撞擊在玻璃成形材料帶103上。在一些實施例中，可依據可從控制裝置325提供給雷射設備335的控制指令來移動光束引導設備339，其中控制指令可以指示光束引導設備339以將一或多個雷射光束351、353、355、或357引導朝向特定位置。

【0053】 光束引導設備339不限於相對於行進方向154朝著成形容器140的根145下方的位置反射雷射光束，而是在一些實施例中，光束引導設備339可以將在根145上方的雷射光束引導朝向例如第一堰203及/或第二堰204。在一些

實施例中，光束引導設備339可以在與第一位置303相對應的位置處將第一雷射光束361引導朝向第一堰203及/或第二堰204。如本文中所使用的，當第一流241及/或第二流243離開與第一位置303相交的成形容器140時，對應於第一位置303的位置，可包括相對於行進方向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。在一些實施例中，光束引導設備339可以在與第二位置305相對應的位置處將第二雷射光束363引導朝向第一堰203及/或第二堰204。在一些實施例中，光束引導設備339可以在與第三位置305相對應的位置處將第三雷射光束365引導朝向第一堰203及/或第二堰204。在一些實施例中，光束引導設備339可以在與第四位置309相對應的位置處將第四雷射光束367引導朝向第一堰203及/或第二堰204。

【0054】 在一些實施例中，控制裝置325可將厚度輪廓321與目標厚度輪廓331進行比較，以確定在位置303、305、307、或309之一處的對應厚度是否超過目標厚度輪廓331的目標厚度。例如，控制裝置325可以接收厚度輪廓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處的由厚度偵測器301測量的玻璃成形材料帶103的厚度。控制裝置325可以將在位置303、305、307、及/或309處的厚度與目標厚度輪廓331進行比較，例如分別比較位置303、305、307、及/或309的目標厚度。在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可包括識

別在複數個位置303、305、307、及/或309的一位置，其中在此位置處的對應厚度超過目標厚度（例如，根據目標厚度輪廓331）。控制裝置325可以確定在位置303、305、307、或309之一處的測得的厚度與在位置303、305、307、或309處的目標厚度之間的厚度差。另外，如相對於圖5所描述的，控制裝置325可以確定雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的適當雷射功率，以引起此位置處的黏度減少並且達到在此位置處的目標厚度。

【0055】 控制裝置325可以將包括適當的雷射功率和位置的指令傳送到雷射設備335。在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括將雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367引導朝向玻璃成形材料帶103，以減少在此位置處的黏度並且達到在此位置處的目標厚度。例如，在一些實施例中，在玻璃成形材料帶103的第一位置303處的測得的厚度可以超過在第一位置303處的目標厚度。控制裝置325可以確定在第一位置303處測得的厚度與目標厚度之間的差，並將厚度變化率與雷射功率進行關聯。在一些實施例中，可以將厚度變化率和雷射功率提供給控制裝置325，並且可以依據實際觀察到的依據特定雷射功率的厚度變化的影響。在一些實施例中，提供給控制裝置325的厚度變化率和雷射功率可以依據數學模型。在一些實施例中，可以依據不同的雷射功率用實際觀察到的衝擊來更新模型。控制裝置325可以使雷射發生

器337以雷射功率將第一雷射光束351引導朝向第一位置303。作為回應，第一位置303處的黏度可以減低，這可以導致第一位置303處的厚度減小，直到在第一位置303處達到目標厚度為止。在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可包括將雷射光束361、363、365、及/或367引導朝向流過第一堰203的第一玻璃成形材料流241、流過第二堰204的第二玻璃成形材料流243、或熔融帶245中的一者或多者。例如，控制裝置325可以觸發雷射發生器337以將第一雷射光束361引導朝向流過第一堰203的第一玻璃成形材料流241及/或朝向流過第二堰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的黏度可能減少，這可能導致第一位置303處的厚度減小直到在第一位置303處達到目標厚度。

【0056】 參照圖4，在一些實施例中，可以在第一帶部分401已與第二帶部分403分離之後，偵測玻璃成形材料帶103的厚度。例如，在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括在偵測第一帶部分401的厚度之前，將玻璃成形材料帶103的第一帶部分401與玻璃成形材料帶103的第二帶部分403分離。當玻璃成形材料帶103沿行進方向154移動時，第一帶部分401可例如藉由圖1的玻璃分離器149而與第二帶部分403分離。在一些實施例中，第一帶部分401可以在分離之後被傳送到遠端位置，例如，到可以檢查第一帶部分401並且可以測量厚度的位置。

【0057】 在分離之後，製造玻璃帶的方法可以包括偵測在第一帶部分401的複數個位置處的厚度。例如，厚度偵測器301可以在第一帶部分401的第一位置411、第二位置413、第三位置415、及第四位置417處偵測第一帶部分401的厚度，儘管在其他實施例中，可以偵測在四個以上的位置處的厚度，而在另一些實施例中，可以偵測在少於四個的位置處的厚度。在一些實施例中，在將玻璃成形材料帶103的第一帶部分401與第二帶部分403分離之後，可在玻璃成形材料帶103的第一帶部分401中偵測玻璃成形材料帶103的厚度。在一些實施例中，可以在第一帶部分401與第二帶部分403分離之後，立即偵測第一帶部分401的厚度，以使得第一帶部分401的分離與第一帶部分401的厚度偵測之間的時間延遲可以為短暫的。在一些實施例中，例如，當在分離之後並未立即，而是在分離之後經過了一段時間之後才偵測第一帶部分401的厚度時，時間延遲會更長。例如，將第一帶部分401從分離第一帶部分401的位置運送到可檢查第一帶部分401並且可以測量厚度的遠端位置時，可能導致時間延遲。

【0058】 在一些實施例中，相對於第一帶部分401的第一外邊緣153和第二外邊緣155的第一位置411、第二位置413、第三位置415、及/或第四位置417的位置可分別對應於，相對於第二帶部分403的第一外邊緣153和第二外邊緣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可以與第一

帶部分401的第一外邊緣153間隔開第一距離，並且第一位置303可以與第二帶部分403的第一外邊緣153間隔開第一距離。在一些實施例中，第四位置417可以與第一帶部分401的第二外邊緣155間隔開第二距離，並且第四位置309可以與第二帶部分403的第二外邊緣155間隔開第二距離。在一些實施例中，將第一帶部分401的複數個位置411、413、415、或417分隔開的距離，可匹配於將第二帶部分403的複數個位置303、305、307或309分隔開的距離。因此，可以藉由在第二帶部分403的複數個位置303、305、307、或309處撞擊雷射光束351、353、355、或357，及/或藉由在流過第一堰203的第一流241及/或流過第二堰204的第二流243處撞擊雷射光束361、363、365、或367，來改變第一帶部分401的複數個位置411、413、415、或417處的厚度。

【0059】 在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可包括識別複數個位置411、413、415、或417中的第一位置，其中在第一位置303處的對應厚度超過目標厚度。例如，在一些實施例中，圖4中的玻璃製造設備100可包括厚度偵測器301、控制裝置325、及雷射設備335，其可以大致類似於圖3的厚度偵測器301、控制裝置325、及雷射設備335。厚度偵測器301可以偵測第一帶部分401的複數個位置411、413、415、或417處的厚度，並產生厚度輪廓321。在一些實施例中，控制裝置325可以將測得的厚度輪廓321的厚度與目標厚度輪廓331進行比較，以識別位置411、

413、415、或417的任何測得的厚度是否超過目標厚度。另外，在一些實施例中，控制裝置325可以計算在第一帶部分401的分離（例如，從第二帶部分403）與厚度偵測之間的時間延遲。例如，在分離第一帶部分401和在位置411、413、415、或417處用厚度偵測器301偵測厚度之間可以經過一段時間，其中此段時間可以部分地包括將第一帶部分401運送到遠端位置所需要的時間。

【0060】 在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括依據時間延遲以雷射功率將雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367引導到分別對應於第一帶部分401的第一位置411、413、415、及/或417的第二帶部分403的第二位置303、305、307、及/或309，以減少在第二位置303、305、307、及/或309的黏度，並達到在第二位置303、305、307、及/或309處的目標厚度。在一些實施例中，雷射設備335可以類似圖3中所述的方式，引導雷射光束351、353、355、357、361、363、365、367中的一者或多者朝向玻璃成形材料帶103。例如，在一些實施例中，雷射設備335可以將雷射光束361、363、365、或367中的一者或多者引導朝向第一堰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。在一些實施例中，雷射設備335可以將雷射光束351、353、355、或357中的一者或多者引導朝向熔融帶245。

【0061】 在一些實施例中，由於從第二帶部分403的第一帶部分401的分離與第一帶部分401的厚度偵測之間的時間延遲，雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的影響，可能不會立即被厚度偵測器301所察覺。例如，在圖3中，其中厚度偵測器301可位於相對於行進方向154的位置303、305、307、及/或309的附近和其下游，在雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊到玻璃成形材料帶103之後，由雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367所引起的厚度變化可由厚度偵測器301迅速偵測到。然而，在圖4中，由第一帶部分401的分離引起的時間延遲，可能導致在當雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊到第二帶部分403時，與在當厚度偵測器301偵測到所得到的厚度變化時，兩者之間的時間延遲。這樣，在一些實施例中，控制裝置325可以將時間延遲併入到傳輸到雷射設備335的指令中。例如，在不存在控制裝置325將時間延遲併入的情況下，雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367可經引導，以一功率及/或以大於達到目標厚度變化所需的時間撞擊在第二帶部分403處，因而導致厚度變化超過目標厚度輪廓331。

【0062】 在一些實施例中，為了依據時間延遲而以適當的雷射功率引導雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367，可以將時間延遲輪廓431傳輸至控制裝

置325。例如，時間延遲輪廓431可以包括在第一帶部分401與第二帶部分403的分離和第一帶部分401的厚度偵測之間的已經過的時間量，及/或在將雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊在第二帶部分403上與隨後的第二帶部分403的厚度偵測之間的已經過的時間量。在一些實施例中，已經過的時間量可以包括實際觀察到的時間，例如，由計時裝置所測量的時間。在一些實施例中，可以依據數學模型來提供已經過的時間量，例如，在一個或多個週期內的預測的已經過的時間量（例如，在分離或撞擊與偵測之間的）或平均的已經過的時間量（例如，在分離或撞擊與偵測之間的）中的其中一者或兩者。由於一些原因，將時間延遲輪廓431提供給控制裝置325可能是有益的。例如，時間延遲可以表示在當雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367被引導朝向玻璃成形材料帶103（例如，其可升高溫度並減低玻璃成形材料帶103的位置的黏度，從而改變此位置處的厚度）與在當厚度偵測器301偵測到的所引起的厚度變化時之間的時間量。參考圖3，由於厚度偵測器301偵測厚度的位置是在與雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊在玻璃成形材料帶103上非常接近的位置，時間延遲可以忽略不計，使得厚度偵測器301幾乎可立即在使用雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367之後偵測到厚度變化。參考圖4，在第一帶部分401的分離與厚度偵測器301的厚

度偵測之間的時間延遲，會增加在當雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊在玻璃成形材料帶103上時與當厚度偵測器301可以偵測到第一帶部分401中的所引起的厚度變化時之間的時間。這樣，藉由併入時間延遲輪廓431，控制裝置325可以實現更精確的厚度變化並限制超出目標厚度輪廓331的可能性。

【0063】 參考圖5，示意性流程圖501示出了使用控制裝置325製造玻璃帶的方法。在一些實施例中，控制裝置325可以考慮雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367對玻璃成形材料帶103的厚度的大小變化以及厚度變化的速度的影響。例如，可以用將雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的功率與在玻璃成形材料帶103的位置處的厚度變化相關聯的增益矩陣，來對雷射設備335對玻璃成形材料帶103的衝擊進行建模。在一些實施例中，藉由用增益矩陣對雷射設備335的衝擊進行建模，在雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊玻璃成形材料帶103的位置處的由雷射光束351、353、355、357、357、361、363、365及/或367所造成的厚度變化，以及在不受雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊的周圍位置處的厚度變化，可被建模。增益矩陣可以由變量K_{mxp}表示，並且可以具有尺寸m x p，其中m是代表位置的總數的變量（例如，圖3中的位置303、305、307、及/或309，及/或圖4中的位置411、413、

415、及/或417），在這些位置處的厚度由厚度偵測器301測量。變量p可以表示位置的總數（例如，圖3和圖4中的位置303、305、307、及/或309），在這些位置處，雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊在玻璃成形材料帶103上。在一些實施例中，變量p可以合併撞擊到玻璃成形材料帶103上的雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的面積、由光束引導設備339決定的雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的解析度、以及雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的跨過玻璃成形材料帶103的移動速度（例如，由光束引導設備339移動）。

【0064】 在一些實施例中，可以對雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的功率變化的響應進行建模。例如，可以繪製一程序模型，其將雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的雷射功率與玻璃成形材料帶103的一位置處的厚度變化相關聯，以及與在使用雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367至達到厚度變化為止之間的時間延遲相關聯。在一些實施例中，若控制裝置325將複數個位置303、305、307或309中的一者或多者標識為包括超過目標厚度的厚度，則控制裝置325可以確定雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的適當雷射功率，並使雷射光束351、353、355、357、361、363、

365、及/或367被引導朝向玻璃成形材料帶103。例如，在一些實施例中，程序模型可以包括一厚度輪廓，其決定出在相鄰於雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊在玻璃成形材料帶103上的位置的位置處的雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的衝擊。例如，參考圖3至圖4，若第二雷射光束353撞擊在第二位置305上，則程序模型可以包括第二位置305以及也可能會發生厚度變化的相鄰位置（例如，第一位置303、第三位置307等）的厚度的厚度輪廓。在一些實施例中，可以藉由使用實驗資料的第一原理或經驗建模中的一者或多者來獲得動態程序模型。例如，利用經驗建模方法，使雷射光束351、353、355、357、361、363、365、367的功率，可與對每個雷射功率所建模的輸出（例如，玻璃成形材料帶103的厚度輪廓）一同步進。模型可以用方程式（1）和（2）表示，如下所示：

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

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

【0065】 在方程式（1）和（2）中，變量t是時間變量，以秒表示，且變量θ是時間延遲（例如，停滯時間），以秒表示。在一些實施例中，時間延遲θ可以表示回應於雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的衝擊而使程序（例如，玻璃成形材料帶103的厚度）將開始改變的時間量。例如，參考圖4，時間延遲θ可以表示在雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/

或367的衝擊與厚度偵測器301所偵測到的厚度之間的時間量。變量$\dot{x_c}$是狀態向量，並可以表示跨玻璃成形材料帶103的不同位置處的厚度位置的向量，例如，圖3中的位置303、305、307、或309，及/或圖4中位置411、413、415、或417。變量y是輸出，並且可以表示所測得的厚度位置處的向量，例如，圖3中的位置303、305、307、或309的厚度，及/或圖4中位置411、413、415、或417的厚度。在一些實施例中，變量y和$\dot{x_c}$可以包括由時間延遲θ而在時間上分離的相同資料。變量u是輸入，並且可以表示在以雷射功率施加雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的不同位置處的向量，例如，因在雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的衝擊下。系統矩陣隨後可以由方程式（3）、（4）、及（5）來表示，如下：

（3） $$A_c = -\frac{1}{\tau} I_{mxm}$$

（4） $$B_c = -A_c K_{[mxp]}$$

（5） $$C_c = I_{mxm}$$

【0066】 在方程式（3）和（5）中，變量I是一個m x m單位矩陣。在方程式（4）中，變量K_{mxp}可以表示增益矩陣，且可具有m x p的維度，其中m是表示可由厚度偵測器301測量厚度的位置（例如，圖3中的位置303、305、307、或309，及/或圖4中的位置411、413、415、或417）的總數的變量。變量p可以表示位置（例如，圖3至4中的位置303、305、307、或309）的總數，在這些位置中，雷

射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367會撞擊在玻璃成形材料帶103上。因此，可以使用由方程式（6）和（7）所表示的標準離散化技術將此模型（例如，由方程式（1）和（2）表示）轉換為離散時間空間形式，如下：

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

（7） $$y_m(k) = C_m x_m(k-\theta)$$

【0067】 在方程式（6）和（7）中，變量k是離散時步。在一些實施例中，參照圖4，當在第一帶部分401與第二帶部分403分離之後，藉由厚度偵測器301測量第一帶部分401的厚度時，離散時步k可以是程序循環時間的乘積。例如，在玻璃成形材料帶103的有雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的撞擊的一位置與厚度偵測的位置之間，可經過一段時間（例如，程序循環時間），例如，其中在雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的撞擊與厚度偵測之間，會發生第一帶部分的分離和運輸。在一些實施例中，參照圖3，當在分離之前藉由厚度偵測器301測量玻璃成形材料帶103的厚度時，離散時步k可以更短。例如，由於厚度偵測器301偵測到與雷射光束351、353、355、357、361、363、365、367撞擊玻璃成形材料帶103的位置處緊鄰的位置303、305、307、或309處的厚度，因此離散時步k可以更短。

【0068】 在一些實施例中，控制裝置325可解決對玻璃成形材料帶103的厚度的影響的干擾，例如，沿圖2的方向156流動的熔融材料121的不一致的流速、溫度變化等。附加地或可替代地，在一些實施例中，控制裝置325可以考慮對雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的雷射功率的約束，使其不超過雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的最大雷射功率。為了考慮這些干擾和雷射功率約束，控制裝置325可以包括模型預測控制。模型預測控制可以控制玻璃成形材料帶103的厚度，同時滿足一個或多個約束，例如，雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的雷射功率。在一些實施例中，模型預測控制可以模擬未來的玻璃成形材料帶103的厚度，並計算雷射設備335的作用，例如，雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的雷射功率，以及雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊玻璃成形材料帶103的位置。因此，模型預測控制可以實現玻璃成形材料帶103的目標厚度輪廓並且維持目標厚度輪廓，而不管是否存在干擾（例如，沿圖2中的方向156流動的熔融材料121的不一致的流速、溫度變化等）及/或對雷射功率的約束。在一些實施例中，模型預測控制可以包括延遲補償方案，例如史密斯預測器（Smith predictor），以考慮時間延遲θ及離散時步k。例如，控制裝置325可以包括依據離散時間空間方程式（6）和（7）的無延遲模型

預測控制503。無延遲模型預測控制503可以預測程序的未來行為，例如，預測將來某個時間的玻璃成形材料帶103的厚度。無延遲模型預測控制503可以接收設定點502或參考函數，其可以包括玻璃成形材料帶103的不同位置303、305、307、及/或309的目標厚度範圍。在一些實施例中，依據預測的未來行為，無延遲模型預測控制503可以最佳化雷射設備335的作用（例如，雷射功率、撞擊位置等）。無延遲模型預測控制503可以由方程式（8）和（9）表示如下：

(8) $$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k)$$

(9) $$y(k) = Cx(k)$$

【0069】 在一些實施例中，無延遲模型預測控制503可以部分地藉由在將來的一段時間內設置玻璃成形材料帶103的位置303、305、307、及/或309的目標厚度輪廓來設計。在一些實施例中，位置303、305、307、及/或309的目標厚度輪廓，可以被提供給控制裝置325以作為目標厚度輪廓331的一部分。例如，可以為第一位置303設定第一目標厚度範圍，可以為第二位置305設定第二目標厚度範圍，可以為第三位置307設定第三目標厚度範圍，以及可以為第四位置309設定第四目標厚度範圍。目標厚度範圍可以由以下的方程式（10）中的變量S表示。變量S可以表示矩陣，其中矩陣S的每一列包括目標厚度範圍之一，且矩陣S的每一行在一未來時段包括目標厚度範圍。例如，一列可以在一段時間內在第一位置303處包括目標厚度範

圍，且一行包括在第一時間時的第一位置處303的目標厚度範圍，一相鄰的行包括在第一時間之後的第二時間時的第一位置處303的目標厚度範圍，等。另外，方程式（10）中的變量X可以表示偵測到的厚度的矩陣（例如，如由厚度偵測器301偵測到的）。在一些實施例中，變量X可以表示矩陣，其中矩陣X的每一列可以在位置303、305、307、或309之一處包括偵測到的厚度，並且依據方程式（8）和（9），矩陣X的每一行可包括在一未來時段的模擬的厚度。例如，一列可包括在一段時間內在第一位置303處偵測到的厚度，其中一行包括在第一時間的在第一位置303處的偵測到的厚度，一相鄰的行包括在第二時間的在第一位置303處的偵測到的厚度，等。二次成本函數J可由以下的方程式（10）表示：

(10) $$J = (S - X)^T Q(S - X) + U^T RU$$

(11) $$f(U) \leq C$$

【0070】 在方程式（10）中，變量Q和R表示加權矩陣，其可以分別懲罰偵測到的厚度與目標厚度之間的偏差，例如當偵測到的厚度（例如，由矩陣X表示）不同於目標厚度（例如，由矩陣S表示）時，以及雷射功率的功效（例如由矩陣U表示）。例如，變量Q懲罰偵測到的厚度與目標厚度之間的偏差，而變量R懲罰用於驅使厚度達到目標厚度的功率量。在方程式（10）和（11）中，變量U可以表示一組雷射功率移動。例如，變量U可以表示一矩陣，其中每一列可以在位置303、305、307、或309之一處包括雷射功率，

且變量U的每一行可包括在一未來時段的雷射功率（例如，第一行可以包括在離散時步k處的雷射功率，第二行可以包括在離散時步k+1處的雷射功率，等）。在一些實施例中，如方程式（11）所示，可以選擇變量U以使二次成本函數J最小化，例如，雷射功率（例如，變量U）在從約為零至雷射設備335的最大雷射額定功率的範圍內。方程式（11）提供了傳遞給雷射器的功率量的上限和下限。演算法可以進行最佳化以找到使J最小的矩陣U，從而滿足方程式（8）、（9）、及（10）。因此，無延遲模型預測控制503可以決定不會超過最大雷射功率額定值的雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的適當雷射功率，但是能量可夠強以在預定的時間內導致厚度變化。因此，無延遲模型預測控制503可以控制在每個離散時步k使用雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367的雷射功率及位置。以此方式，在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可包括，例如，當位置的相應厚度超過目標厚度時，將厚度變化率和相應厚度與目標厚度之間的厚度差與一雷射功率進行關聯。例如，方程式(10)的加權矩陣（例如，Q和R）可以懲罰厚度差（例如，偵測到的厚度與目標厚度之間的偏差），且變量R可以懲罰雷射功率的功效，而以U表示的雷射功率移動，可以包括未來施加在位置303、305、307、或309處的雷射功率。在一些實施例中，選擇較大的變量R可以使演算法對每個抽樣片刻k使用較小的雷射功率移動。在一些實施例中，較大的變量

R可用於避免較大及/或較快的雷射功率移動。類似地，選擇較小的變量R可使演算法對每個抽樣片刻k使用較大的雷射功率移動，從而有助於較大且更快的雷射功率移動以達到目標厚度。厚度變化率可以由方程式（1）和（2）表示，其中，輸出y可以表示所測得的厚度位置處的向量，且因此可以表示回應於輸入μ（例如，在一位置以一雷射功率施加的雷射光束）的厚度變化率。

【0071】 在一些實施例中，控制裝置325可以依據無延遲模型預測控制503來執行模型模擬505。例如，模型模擬505可以預測程序行為，並依據無延遲模型預測控制503來模擬方程式（8）的狀態向量$x(k)$。在一些實施例中，模型模擬505可以產生無延遲的預測的狀態向量506，其可以由$x(k)$表示。無延遲的預測的狀態向量506可以表示未來一或多個離散時步k的位置處的玻璃成形材料帶103的預測厚度。在一些實施例中，為了解決圖4的時間延遲（例如，由於在雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊之後但在厚度偵測器301測量到厚度之前發生分離），無延遲的預測的狀態向量506（例如，$x(k)$）會接著受到時間延遲509（例如，時間延遲θ）以產生延遲狀態510，例如，$x_d(k-\theta)$。在一些實施例中，由厚度偵測器301在離散時間k偵測的實際厚度（例如，測量的狀態向量）可以由包括時間延遲507的程序來表示，此程序可以產生時間延遲的完整系統狀態508（例如，包括厚度偵測器301偵測到的實際厚度、時間延遲θ、及任何潛在的程序干擾）。

時間延遲的完整系統狀態508（例如，測量的狀態向量）可以由$x_m(k-\theta)$表示。在一些實施例中，可以在來自507的測量狀態向量508（例如，$x_m(k-\theta)$）與包括時間延遲509的預測的狀態向量510（例如，$x_d(k-\theta)$）之間進行比較511，結果可以由以下的方程式（12）表示：

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

【0072】　所得到的差$x_e(k)$是延遲的狀態預測誤差，其表示偵測到的厚度（例如，來自厚度偵測器301）與預測厚度之間的差。在一些實施例中，誤差可能是由模型模擬505中的干擾（例如，沿圖2中的方向156流動的熔融材料121的不一致流速、溫度變化等）或缺陷所造成的。若預測的狀態向量包括來自509（例如，$x_d(k-\theta)$）的時間延遲完全匹配於來自507（例如，$x_m(k-\theta)$）的測量的狀態向量，則延遲的狀態預測誤差$x_e(k)$可以為零。但是，若包括來自509（例如，$x_d(k-\theta)$）的時間延遲的預測的狀態向量不同於來自507（例如，$x_m(k-\theta)$）的測量的狀態向量，則延遲的狀態預測誤差可能不為零，並且可以由過濾器513過濾（例如，以濾除某些頻率範圍）。在一些實施例中，過濾器513可以產生過濾後的延遲的狀態預測誤差521，其可以由$x_f(k)$表示。經過濾後的延遲的狀態預測誤差521可以被添加到無延遲的預測的狀態向量506（例如，$x_e(k)$）以產生校正的狀態向量527，其可以由$\bar{x}(k)$表示。校正的狀態向量527可以包含可由無延遲模型預測控制503所接收的反饋。因此，無延遲模型預測控制503可以接收設定點502及校正的狀

態向量527，並調整雷射設備335以使玻璃成形材料帶103的厚度更接近設定點502。

【0073】 在一些實施例中，圖4的控制裝置325可包含圖5的控制方案，由於雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊玻璃成形材料帶103與在第一帶狀部分401與第二帶狀部分403分離之後的第一帶部分401的厚度偵測之間，存在較大的時間延遲。例如，圖5的控制方案可包括史密斯預測器，史密斯預測器併入了模型模擬505以產生無延遲的預測的狀態向量506，其接著會受到時間延遲509，並與測量的狀態向量508進行比較。在一些實施例中，時間延遲可以小於圖4的時間延遲。例如，參考圖3，當厚度偵測器301經設置為在與雷射光束351、353、355，355、357、361、363、365、及/或367撞擊玻璃成形材料帶103上的位置接近的位置處偵測厚度（例如，其中厚度偵測和雷射光束撞擊都在第一帶部分401分離之前發生），此時間延遲可為最小或接近於零，並且控制裝置325可以不包括史密斯預測器，例如，會產生無延遲的預測的狀態向量506的模型模擬505，其會接著受到時間延遲509。反而，在一些實施例中，圖3的控制裝置325可包括無延遲模型預測控制503。

【0074】 參考圖6，在一些實施例中，控制裝置325可以控制加熱玻璃成形材料帶103（例如，以減低黏度並減小厚度）或冷卻玻璃成形材料帶103（例如，以增加一位置處的黏度並增加厚度）中的一者或兩者。例如，在一些實施

例中，圖6的玻璃製造設備100在一些方面可以類似於圖3及/或圖4的玻璃製造設備100。例如，圖6的玻璃製造設備100包括厚度偵測器301，其可以在將第一帶部分401與第二帶部分分離之前，測量玻璃成形材料帶103的厚度（例如，如圖4所示）。在一些實施例中，厚度偵測器301可以產生厚度輪廓321，並且經由通訊線路327將厚度輪廓321傳輸至控制裝置325。控制裝置325可以接收目標厚度輪廓331，並且依據厚度輪廓321和目標厚度輪廓331之間的比較，控制裝置325可以將指令傳送到調節設備601。

【0075】 在一些實施例中，調節設備601可包括用於加熱及/或冷卻玻璃成形材料帶103的一種或多種結構。例如，在一些實施例中，調節設備601可以包括雷射設備335。雷射設備335可以包括雷射發生器337及光束引導設備339。在一些實施例中，雷射發生器337可以發射雷射光束，其可以被引導朝向玻璃成形材料帶103的位置303、305、307、或309之一者，這可以減少在位置303、305、307、或309處的黏度。在一些實施例中，調節設備601可包括冷卻設備603。冷卻設備603可以包括例如具有一或多個開口的冷卻管，一或多個開口形成在冷卻管的壁中。冷卻管可以是中空的並且可以接收冷卻流體，例如空氣。冷卻流體可以流過冷卻管的壁上的一或多個開口，並且可被引導朝向玻璃成形材料帶103。在一些實施例中，藉由將冷卻流體引導朝向玻璃成形材料帶103的位置303、

305、307、或309之一者，冷卻設備603可以增加在位置303、305、307、或309之一者處的黏度並增加厚度。

【0076】 在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括識別複數個位置中的第一位置303，其中在第一位置303處的第一對應厚度超過目標厚度。例如，第一位置303處的第一對應厚度可以由厚度偵測器301測量，並且控制裝置325可以將第一對應厚度與來自目標厚度輪廓331的目標厚度進行比較。若第一對應厚度超過目標厚度，則在一些實施例中，方法可以包括將雷射光束351及/或361引導朝向玻璃成形材料帶103，以減少在第一位置303處的黏度並達到在第一位置303處的目標厚度。在一些實施例中，引導雷射光束351及/或361的步驟可以包括將雷射光束351及/或361引導朝向流過第一堰203的第一玻璃成形材料流241、流過第二堰204的第二玻璃成形材料流243、或熔融帶245中的一者或多者。在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括識別複數個位置中的第二位置305，其中在第二位置305處的第二對應厚度小於目標厚度。例如，第二位置305處的第二對應厚度可以由厚度偵測器301測量，並且控制裝置325可以將第二對應厚度與來自目標厚度輪廓331的目標厚度進行比較。若第二對應厚度小於目標厚度，則在一些實施例中，冷卻流體605、607、609、611、621、623、625、及/或627可被引導朝向玻璃成形材料帶103，以增加在特定位置處的黏度並達到在此位置處的目標厚度。冷卻流體605、607、609、611、621、

623、625、及/或627可以被引導朝向與雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367相同的玻璃成形材料帶103的位置。例如，在一些實施例中，冷卻流體605、607、609、及/或611可以被引導朝向熔融帶245，儘管在一些實施例中，冷卻流體621、623、625、及/或627可被引導朝向流過第一堰203的第一玻璃成形材料流241或流過第二堰204的第二玻璃成形材料流243中的一者或兩者。

【0077】 在一些實施例中，若第二位置305被識別為包括小於目標厚度的第二對應厚度，則製造玻璃帶的方法可以包括將冷卻流體607及/或623引導朝向玻璃成形材料帶103，以增加在第二位置305處的黏度，並達到在第二位置305處的目標厚度。例如，引導冷卻流體607的步驟可以包括將冷卻流體607及/或623引導朝向流過第一堰203的第一玻璃成形材料流241、流過第二堰204的第二玻璃成形材料流243、或熔融帶245中的一者或多者。例如，冷卻流體623可以被引導朝向流過第一堰203的第一玻璃成形材料流241或流過第二堰204的第二玻璃成形材料流243中的一者或多者，而冷卻流體607可被引導朝向熔融帶245的第二位置305。如此，依據特定位置處的厚度是否大於或小於目標厚度，控制裝置325可造成玻璃成形材料帶103的厚度變化。例如，當測得的厚度在特定位置超過目標厚度時，控制裝置325可使雷射光束351、353、355、357、361、363、365、及/或367撞擊在玻璃成形材料帶103上，並

降低黏度，從而減小厚度並達到在此位置處的目標厚度。當在特定位置處測得的厚度小於目標厚度時，控制裝置325可使冷卻流體605、607、609、611、621、623、625、及/或627撞擊在玻璃成形材料帶103上，並增加黏度，從而增大厚度並達到在此位置處的目標厚度。

【0078】 參考圖7，在一些實施例中，依據已經與第二帶部分403分離的第一帶部分401的偵測到的厚度，控制裝置325可以控制加熱玻璃成形材料帶103（例如，以減低黏度並減小厚度）或冷卻玻璃成形材料帶103（例如，以增加一位置處的黏度並增加厚度）中的一者或兩者。例如，在一些實施例中，圖7中的玻璃製造設備100在一些方面可以類似於圖3、圖4及圖6的玻璃製造設備100。例如，圖7的玻璃製造設備100可包括厚度偵測器301，其可在將第一帶部分401與第二帶部分403分離之後，測量第一帶部分401的厚度。在一些實施例中，厚度偵測器301可以產生厚度輪廓321，並且經由通訊線路327將厚度輪廓321傳輸至控制裝置325。控制裝置325可以接收目標厚度輪廓331，並且依據厚度輪廓321和目標厚度輪廓331之間的比較，控制裝置325可以將指令傳輸到調節設備601，其可以包括雷射設備335及冷卻設備603。

【0079】 在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括產生玻璃成形材料帶103的預測的厚度輪廓，其包括在複數個位置303、305、307、及/或309處的預測的厚度。例如，在一些實施例中，預測的厚度輪廓可以包括圖5中所示

的模型預測控制503。模型預測控制503可以預測程序的未來行為，例如，在將來的某些時間在複數個位置303、305、307、或309處的玻璃成形材料帶103的預測的厚度輪廓。在一些實施例中，識別第一位置（例如，其中第一位置處的對應厚度超過目標厚度）的步驟可以包括，將預測的厚度輪廓與在複數個位置411、413、415、或417處偵測到的厚度進行比較。例如，參考圖5，可以在預測的狀態向量510與測量的狀態向量508之間進行比較511，預測的狀態向量510可從模型預測控制503獲得，測量的狀態向量508可以包括在複數個位置411、413、415、或417處由厚度偵測器301偵測到的厚度。依據此比較，若存在差異，則差異可以由過濾後的延遲的狀態預測誤差521表示。在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括依據預測的厚度輪廓與在複數個位置411、413、415、或417處偵測到的厚度之間的比較，來產生第二帶部分403的第二厚度輪廓。例如，如圖5所示，可以將過濾後的延遲的狀態預測誤差521添加到無延遲的預測的狀態向量506，以產生校正後的狀態向量527。可以將校正後的狀態向量527傳送到模型預測控制503，隨後可以依據校正後的狀態向量527來更新模型預測控制503，從而產生第二厚度輪廓。在一些實施例中，第二厚度輪廓可以包括更新的厚度輪廓（例如，在初始預測的厚度輪廓之後），且控制裝置325可以依據第二厚度輪廓將控制指令傳遞給調節設備601。

【0080】 在一些實施例中，可以由控制裝置325傳送到調節設備601的控制指令，可以包括加熱及/或冷卻第二帶部分403的指令。例如，在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可包括識別複數個位置411、413、415、或417中的第三位置415，其中在第三位置處的第三對應厚度小於目標厚度。在一些實施例中，製造玻璃帶的方法可以包括將冷卻流體（例如，第三冷卻流體615及/或625）引導朝向與第一帶部分401的第三位置415相對應的第二帶部分403的第四位置309，以增加在第四位置309處的黏度，並達到在第四位置309處的目標厚度。

【0081】 藉由用厚度偵測器301偵測玻璃成形材料帶103的厚度，可以產生厚度輪廓，並將其傳輸到控制裝置325。控制裝置325可以將偵測到的厚度輪廓與目標厚度輪廓及/或預測的厚度輪廓進行比較，並且在玻璃成形材料帶103的一位置處引起加熱（例如，經由雷射設備335）及/或冷卻（例如，經由冷卻設備603），以調節在此位置處的厚度。在一些實施例中，例如，如圖3和圖6中所示，由於厚度偵測器301偵測到厚度的位置與玻璃成形材料帶103的加熱和/或冷卻發生的位置之間的緊密接近，控制裝置325可包括厚度的實時控制。附加地或可替代地，在一些實施例中，如圖4和圖7中所示，在厚度偵測器301偵測第一帶部分401的厚度之前，控制裝置325可以解決由第一帶部分401的分離引起的時間延遲。在一些實施例中，如圖5中所示，控制裝置325可以藉由產生預測的厚度輪廓來對雷射

設備335（及/或冷卻設備603）的影響進行建模，預測的厚度輪廓可以基於雷射設備335（及/或冷卻設備603）的功率、時間延遲、基於輸入的位置和周圍位置的厚度變化等來預測厚度的響應。如此，圖5的控制方案就可以提供對厚度的更精確控制。

【0082】 應當理解，儘管已經相對於其某些說明性和特定示例詳細地描述了各種實施例，但是本案不應被認為受限於此，因為在不脫離本案的申請專利範圍的情況下，可以對所揭示的特徵進行多種修改和組合。

【符號說明】

【0083】

100：玻璃製造設備

101：成形設備

102：玻璃熔化和輸送設備

103：玻璃成形材料帶

104：分離的玻璃帶

105：熔化容器

107：批料

109：儲存箱

111：批次輸送裝置

113：馬達

115：控制器

117：箭頭

119：熔體探針

121：熔融材料

123：豎管

125：通訊線路

127：澄清容器

129：第一連接導管

131：混合腔室

133：輸送腔室

135：第二連接導管

137：第三連接導管

139：輸送管

140：成形容器

141：入口導管

145：根

149：玻璃分離器

151：分離路徑

152：中央部分

153：第一外邊緣

154：行進方向

155：第二外邊緣

156：方向

163：邊緣導向器

164：邊緣導向器

201：槽

203：第一堰

204：第二堰

205：外表面

206：外表面

207：向下傾斜的會聚表面部分

208：向下傾斜的會聚表面部分

209：成形楔

210：端

211：端

213：拉伸平面

215：第一主表面

216：第二主表面

221：行進路徑

241：第一玻璃成形材料流

243：第二玻璃成形材料流

245：熔融帶

301：厚度偵測器

303：第一位置

305：第二位置

307：第三位置

309：第四位置

313：第一軸

315：第二軸

321：厚度輪廓

325：控制裝置

327：通訊線路

331：目標厚度輪廓

335：雷射設備

337：雷射發生器

339：光束引導設備

351：第一雷射光束

353：第二雷射光束

355：第三雷射光束

357：第四雷射光束

361：第一雷射光束

363：第二雷射光束

365：第三雷射光束

367：第四雷射光束

401：第一帶部分

403：第二帶部分

411：第一位置

413：第二位置

415：第三位置

417：第四位置

431：時間延遲輪廓

501：流程圖

502：設定點

503：無延遲模型預測控制

505：模型模擬

506：無延遲的預測的狀態向量

507：時間延遲

508：時間延遲的完整系統狀態

509：時間延遲

510：延遲狀態

511：比較

513：過濾器

521：經過濾後的延遲的狀態預測誤差

527：校正的狀態向量

601：調節設備

603：冷卻設備

605：冷卻流體

607：冷卻流體

609：冷卻流體

611：冷卻流體

613：冷卻流體

615：冷卻流體

617：冷卻流體

621：冷卻流體

623：冷卻流體

625：冷卻流體

627：冷卻流體

W：寬度

T：厚度

【生物材料寄存】

國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種製造一玻璃帶的方法，包括下列步驟：

沿著在一行進方向上的一行進路徑移動一玻璃成形材料帶；

在該玻璃成形材料帶的複數個位置處偵測該玻璃成形材料帶的一厚度；

識別該複數個位置中的一位置，其中在該位置處的一對應厚度超過一目標厚度；

將一厚度變化率及該對應厚度與該目標厚度之間的一厚度差與一雷射功率進行關聯；及

以該雷射功率將一雷射光束引導朝向該玻璃成形材料帶，以減少在該位置處的一黏度，並在該位置處達到該目標厚度，

其中在將該玻璃成形材料帶的一第一帶部分與一第二帶部分分離之後，該偵測該玻璃成形材料帶的該厚度的步驟是發生在該玻璃成形材料帶的該第一帶部分中。

【請求項2】 如請求項1所述的方法，其中該識別步驟，包括步驟：識別該複數個位置中的一第二位置，其中在該第二位置處的一第二對應厚度小於該目標厚度。

【請求項3】 如請求項2所述的方法，還包括步驟：將一冷卻流體引導朝向該玻璃成形材料帶，以增加在該第二位置處的一黏度，並在該第二位置處達到該目標厚度。

【請求項4】 如請求項1所述的方法，還包括下列步驟：

使一第一玻璃成形材料流流過一成形楔的一第一堰；

使一第二玻璃成形材料流流過該成形楔的一第二堰；

將該第一玻璃成形材料流與該第二玻璃成形材料流熔合以形成一熔融帶。

【請求項5】 如請求項1所述的方法，其中該偵測該玻璃成形材料帶的該厚度的步驟是發生在沿著大致垂直於該行進方向的一第一軸而間隔開的該複數個位置處。

【請求項6】 一種製造一玻璃帶的方法，包括下列步驟：

沿著在一行進方向上的一行進路徑移動一玻璃成形材料帶；

在該玻璃成形材料帶的複數個位置處偵測該玻璃成形材料帶的一厚度；

識別該複數個位置中的一第一位置及該複數個位置中的一第二位置，其中在該第一位置處的一第一對應厚度超過一目標厚度，其中在該第二位置處的一第二對應厚度小於該目標厚度；

將一雷射光束引導朝向該玻璃成形材料帶，以減少在該第一位置處的一黏度，並在該第一位置處達到該目標厚度；及

將一冷卻流體引導朝向該玻璃成形材料帶，以增加在該第二位置處的一黏度，並在該第二位置處達到該目標厚度，

其中在將該玻璃成形材料帶的一第一帶部分與一第二帶部分分離之後，該偵測該玻璃成形材料帶的該厚度的步驟是發生在該玻璃成形材料帶的該第一帶部分中。

【請求項7】 如請求項6所述的方法，還包括下列步驟：

使一第一玻璃成形材料流流過一成形楔的一第一堰；

使一第二玻璃成形材料流流過該成形楔的一第二堰；及

將該第一玻璃成形材料流與該第二玻璃成形材料流熔合以形成一熔融帶。

【請求項8】 如請求項7所述的方法，其中該引導該雷射光束的步驟，包括步驟：將該雷射光束引導朝向流過該第一堰的該第一玻璃成形材料流、流過該第二堰的該第二玻璃成形材料流、或該熔融帶中的一者或多者。

【請求項9】 如請求項7所述的方法，其中該引導該冷卻流體的步驟，包括步驟：將該冷卻流體引導朝向流過該第一堰的該第一玻璃成形材料流、流過該第二堰的該第二玻璃成形材料流、或該熔融帶中的一者或多者。

【請求項10】如請求項6至9中任一項所述的方法，還包括步驟：

計算在該分離該第一帶部分的步驟與該偵測該厚度的步驟之間的一時間延遲；及

依據該時間延遲，將該雷射光束與該冷卻流體引導朝向該第二帶部分。

【發明圖式】

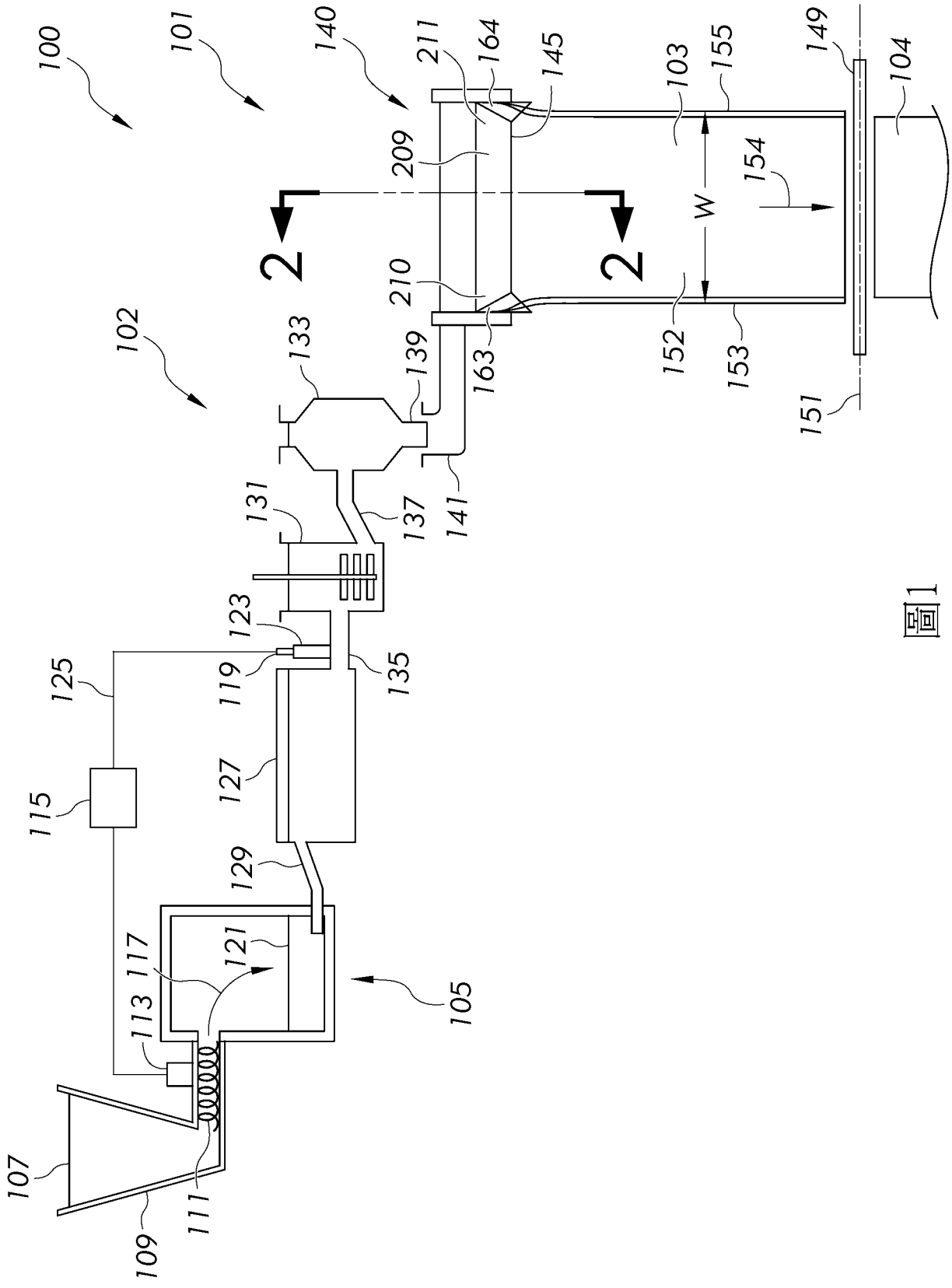

100
101
140
211
164
145
103
155
149
104
209
154
W
2
2
210
102
133
139
163
152
153
151
131
137
141
123
119
135
125
127
115
129
121
117
113
105
107
111
109

圖1

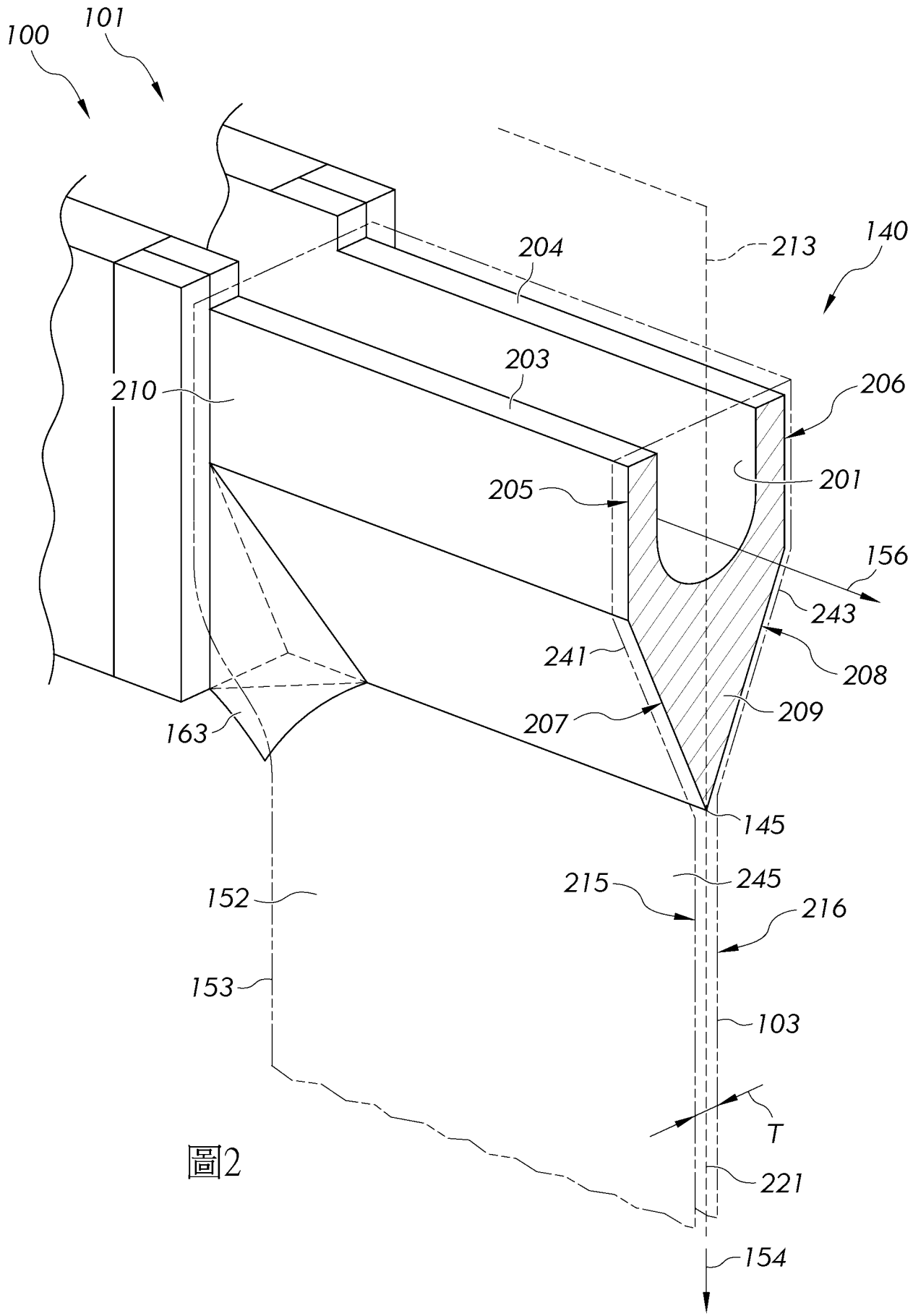

100
101
140
213
204
203
210
206
205
201
156
243
241
208
209
207
163
145
152
215
245
216
153
103
T
221
154

圖2

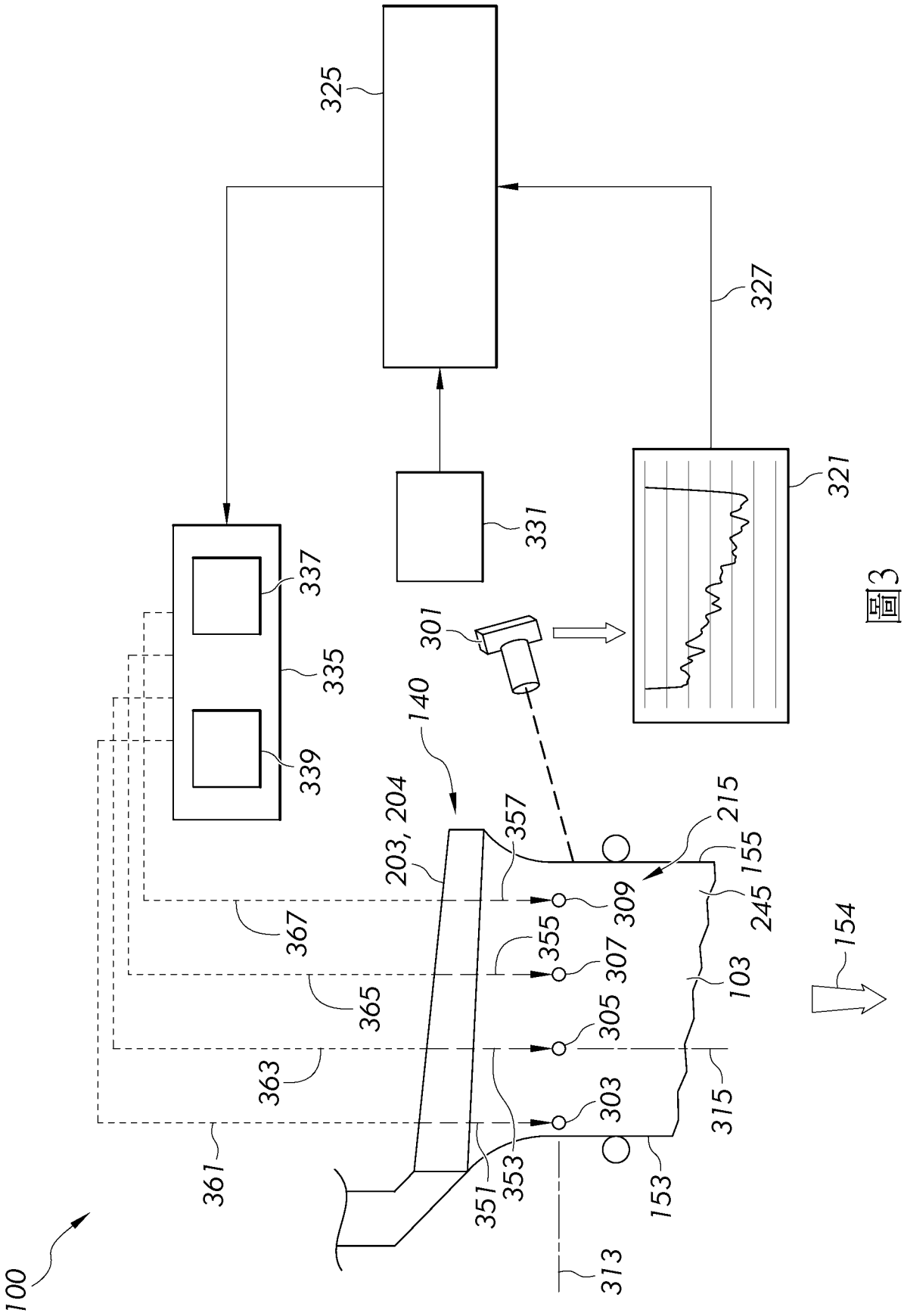

325
327
321
331
337
335
339
301
140
203, 204
357
215
155
309
245
367
355
307
103
154
365
305
363
315
303
361
353
351
153
313
100

圖3

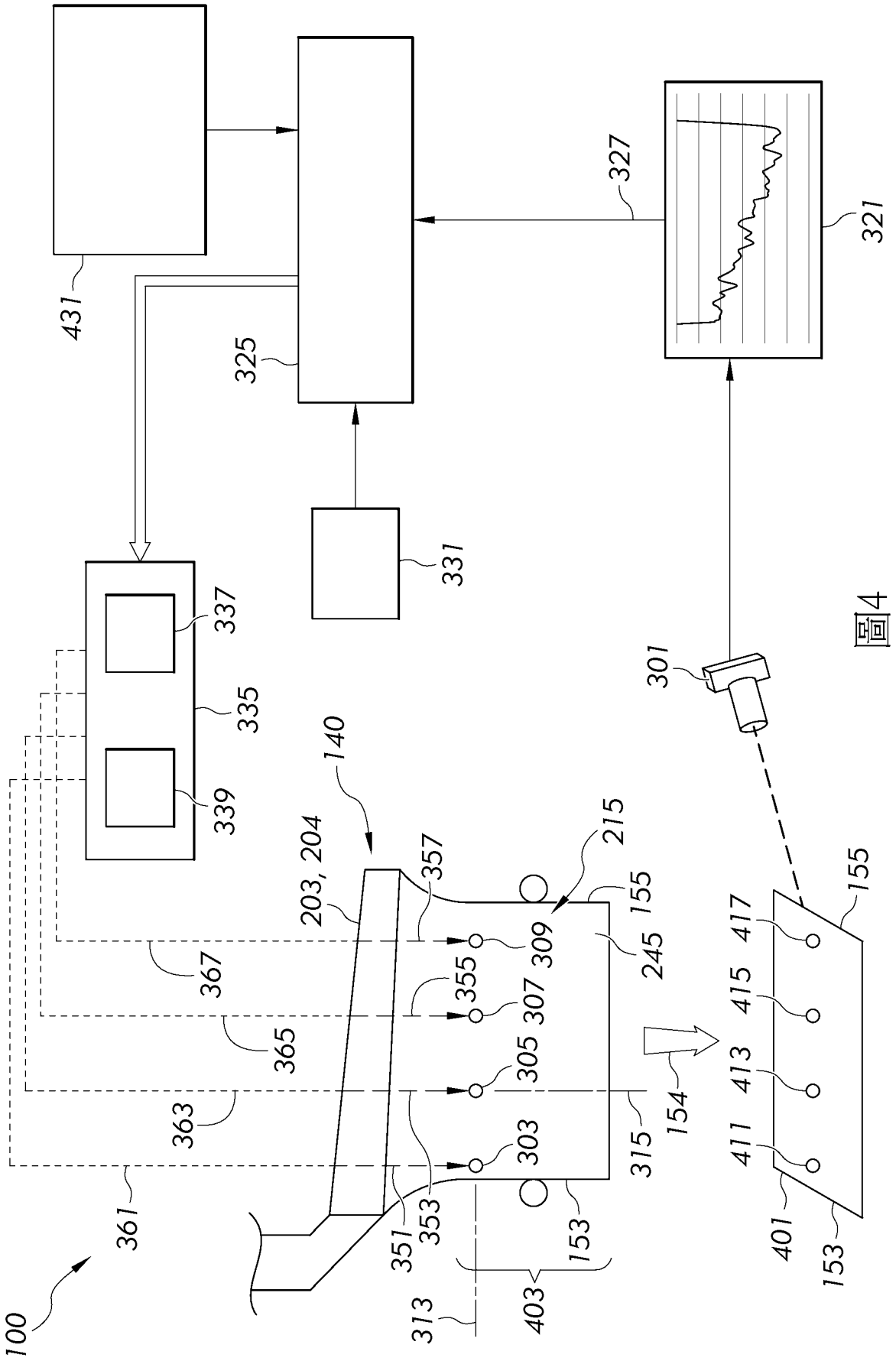

431
325
327
321
331
337
335
339
140
203, 204
357
215
155
309
367
355
307
365
305
363
303
361
315
154
351
353
153
313
403
301
417
415
413
411
401
155
153
100

圖4

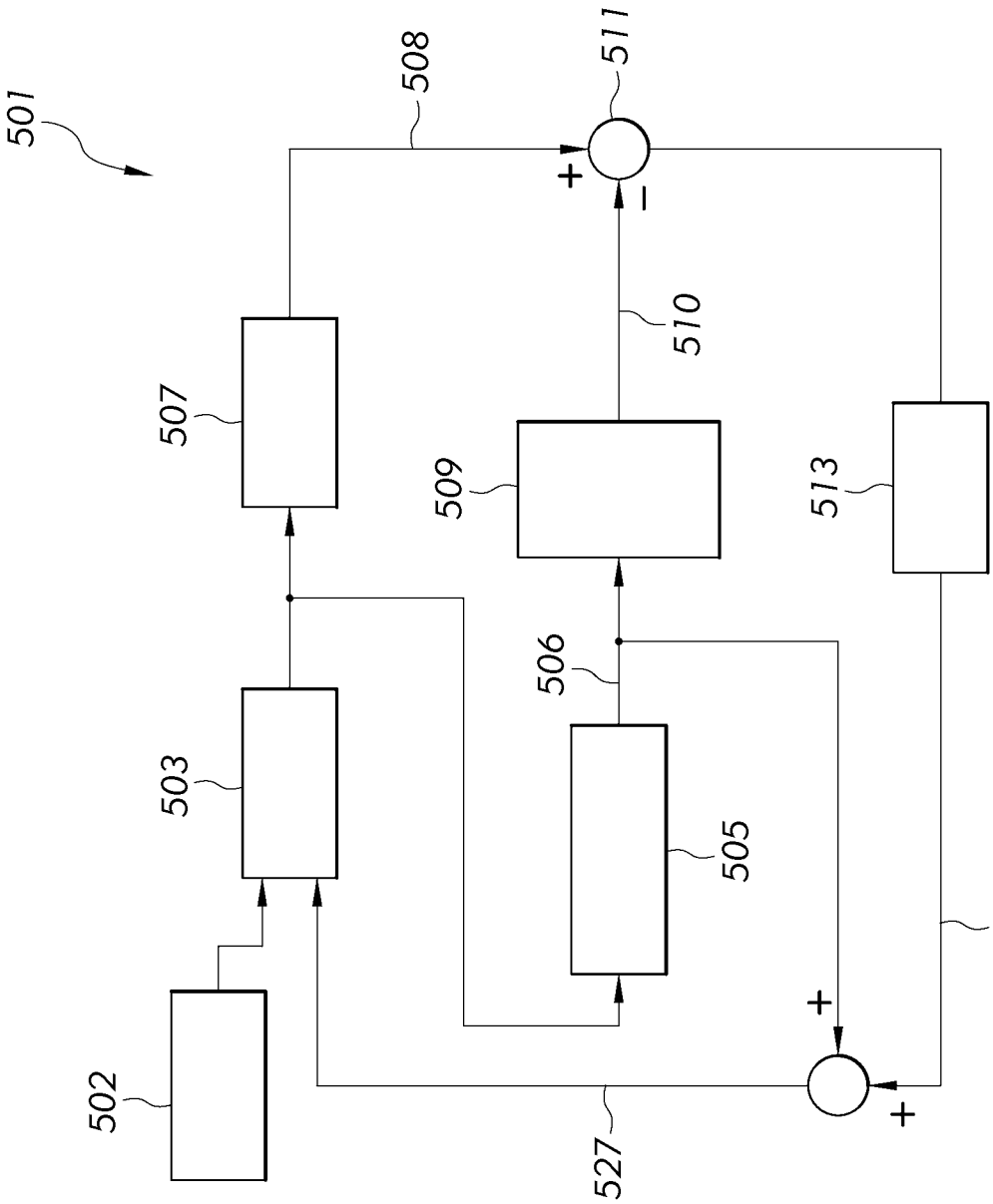


圖5

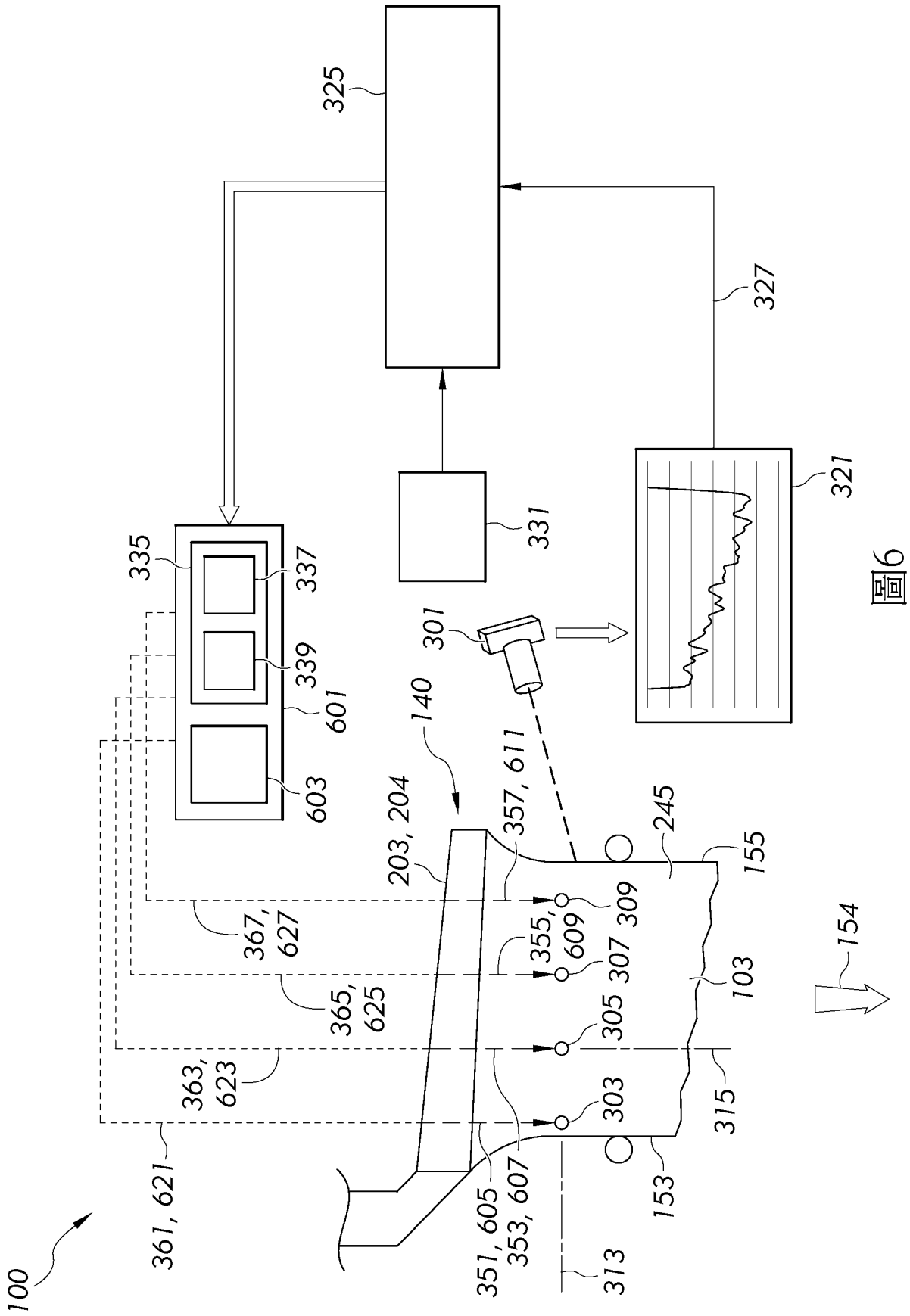

325
327
321
331
335
337
339
601
603
301
140
357, 611
203, 204
245
155
309
355, 609
307
367, 627
365, 625
305
103
154
363, 623
303
315
361, 621
351, 605
353, 607
153
313
100

圖6

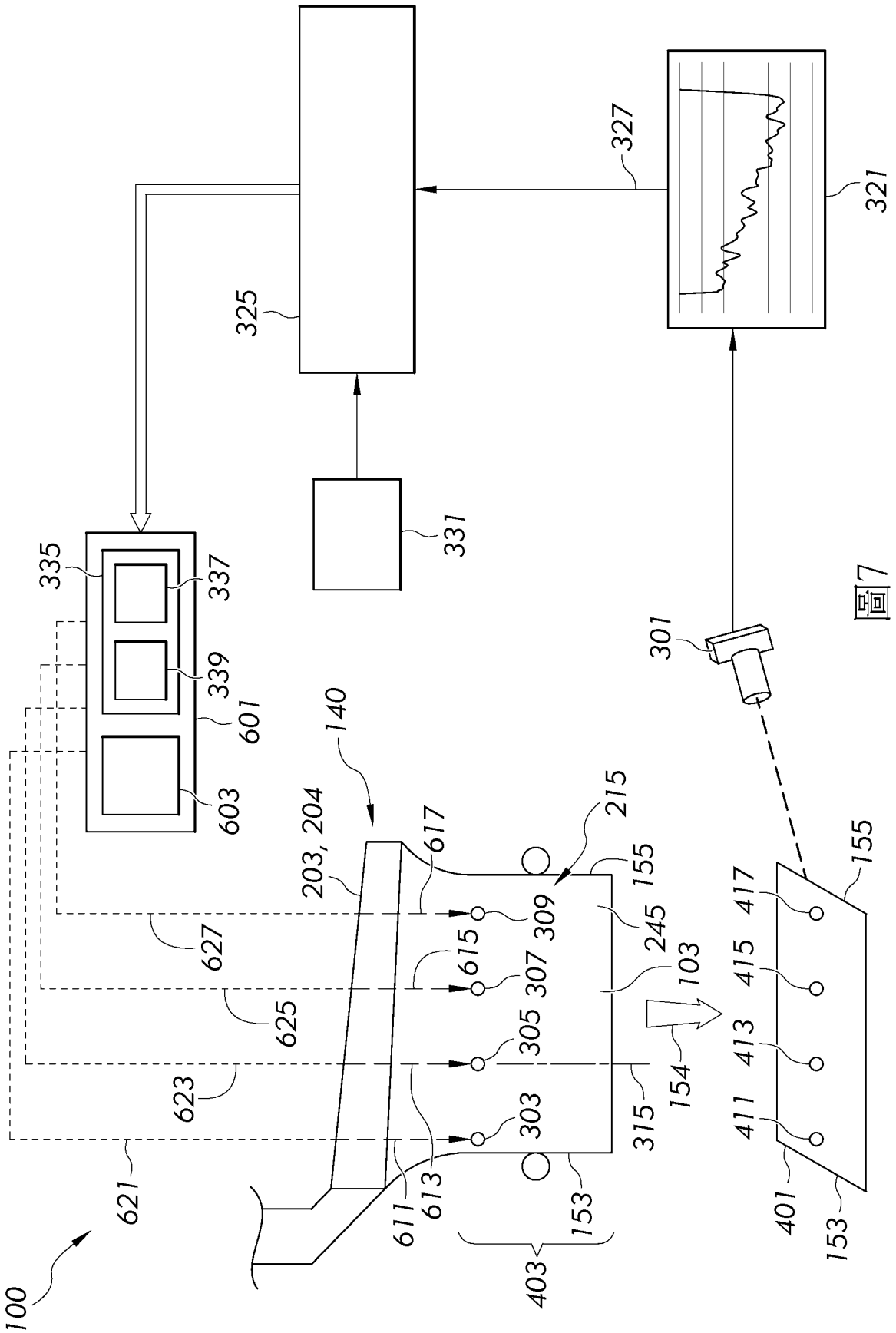

325
327
321
331
335
337
339
601
603
140
203, 204
617
215
155
627
615
309
245
625
307
103
623
305
154
315
303
621
613
611
153
403
100
301
155
417
415
413
411
401
153

圖7