(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7646662号
(P7646662)

(45)発行日　令和7年3月17日(2025.3.17)

(24)登録日　令和7年3月7日(2025.3.7)

(51)国際特許分類
C03B 17/06 (2006.01)

FI
C03B 17/06

請求項の数　12　（全29頁）

(21)出願番号　特願2022-533151(P2022-533151)
(86)(22)出願日　令和2年11月25日(2020.11.25)
(65)公表番号　特表2023-504524(P2023-504524A)
(43)公表日　令和5年2月3日(2023.2.3)
(86)国際出願番号　PCT/US2020/062122
(87)国際公開番号　WO2021/113132
(87)国際公開日　令和3年6月10日(2021.6.10)
審査請求日　令和5年9月19日(2023.9.19)
(31)優先権主張番号　62/942,258
(32)優先日　令和1年12月2日(2019.12.2)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　397068274
コーニング インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 １４８
３１ コーニング リヴァーフロント プ
ラザ １
(74)代理人　100094569
弁理士　田中 伸一郎
(74)代理人　100103610
弁理士　▲吉▼田 和彦
(74)代理人　100109070
弁理士　須田 洋之
(74)代理人
倉澤 伊知郎
(74)代理人　100130937
弁理士　山本 泰史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ガラスリボンを製造する方法及び装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ガラスリボンを製造する方法であって、

進行方向に進行経路に沿ってガラス形成材料のリボンを移動する段階と、

前記ガラス形成材料のリボンの複数の場所で該ガラス形成材料のリボンの厚みを感知する段階と、

前記複数の場所のうちでその場所での対応する厚みがターゲット厚みを超える場所を識別する段階と、

厚み変化率と前記対応する厚み及び前記ターゲット厚み間の厚み差とをレーザビームのレーザ電力と相関させる段階と、

前記複数の場所における予測厚みを含む、前記ガラス形成材料のリボンの予測厚みプロファイルを生成し、前記レーザビームのレーザ電力と、前記レーザビームが前記ガラス形成材料のリボンに衝突する位置を、前記予測厚みプロファイルに基づいて計算する段階と、

前記レーザ電力でのレーザビームを前記ガラス形成材料のリボンに向けて誘導し、前記場所での粘性を低減して該場所での前記ターゲット厚みを達成する段階と、

を備えることを特徴とする方法。

【請求項２】

前記識別する段階は、前記複数の場所のうちで第２の場所での第２の対応する厚みが前記ターゲット厚みよりも小さい該第２の場所を識別する段階を備えることを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項３】
冷却液を前記ガラス形成材料のリボンに向けて誘導し、前記第２の場所での粘性を増大して該第２の場所での前記ターゲット厚みを達成する段階を更に備えることを特徴とする請求項２に記載の方法。
【請求項４】
形成楔の第１の堰を超してガラス形成材料の第１のストリームを流す段階と、
前記形成楔の第２の堰を超してガラス形成材料の第２のストリームを流す段階と、
ガラス形成材料の前記第１のストリームとガラス形成材料の前記第２のストリームとを溶解して溶解リボンを形成する段階と、
を更に備えることを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の方法。
【請求項５】
前記ガラス形成材料のリボンの前記厚みを前記感知する段階は、前記進行方向に対して実質的に垂直な第１の軸線に沿って離間した前記複数の場所で行われることを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項６】
ガラス形成材料のリボンの第１リボン部分を第２リボン部分から分離する段階をさらに含み、
前記厚みの感知は、前記ガラス形成材料のリボンの複数の位置における前記ガラス形成材料のリボンの前記第１リボン部分の厚さを感知することを含み、
前記相関させる段階は、前記第１リボン部分の前記第２リボン部分からの分離と、前記第１リボン部分の厚みの感知との間に経過した時間の量、及び／又は、レーザビームの前記第２リボン部分への衝突と、その後の前記第２リボン部分の厚みの感知との間に経過した時間の量を含む時間遅延プロファイルと、前記レーザビームの衝突後の前記位置におけるリボンの厚みの変化率及び前記対応する厚みと前記ターゲット厚みの間の厚みの差とを相関させることを含む、前記ガラス形成材料のリボンの前記厚みを前記感知する段階は、該ガラス形成材料のリボンの第１リボン部分において該第１リボン部分を該ガラス形成材料のリボンの第２リボン部分から分離した後で行われることを特徴とする請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の方法。
【請求項７】
ガラスリボンを製造する方法であって、
進行方向に進行経路に沿ってガラス形成材料のリボンを移動する段階と、
前記ガラス形成材料のリボンの複数の場所で該ガラス形成材料のリボンの厚みを感知する段階と、
前記複数の場所のうちで第１の場所での第１の対応する厚みがターゲット厚みを超える該第１の場所と、該複数の場所のうちで第２の場所での第２の対応する厚みが該ターゲット厚みよりも小さい該第２の場所とを識別する段階と、
前記複数の場所における予測厚みを含む、前記ガラス形成材料のリボンの予測厚みプロファイルを生成し、レーザビームのレーザ電力と、前記レーザビームが前記ガラス形成材料のリボンに衝突する位置を、前記予測厚みプロファイルに基づいて計算する段階と、
前記レーザ電力のレーザビームを前記ガラス形成材料のリボンに向けて誘導し、前記第１の場所での粘性を低減して該第１の場所での前記ターゲット厚みを達成する段階と、
冷却液を前記ガラス形成材料のリボンに向けて誘導し、前記第２の場所での粘性を増大して該第２の場所での前記ターゲット厚みを達成する段階と、
を備えることを特徴とする方法。
【請求項８】
形成楔の第１の堰を超して前記ガラス形成材料の第１のストリームを流す段階と、
前記形成楔の第２の堰を超して前記ガラス形成材料の第２のストリームを流す段階と、
ガラス形成材料の前記第１のストリームとガラス形成材料の前記第２のストリームとを溶解させて溶解リボンを形成する段階と、
を更に備えることを特徴とする請求項７に記載の方法。

【請求項９】
前記レーザビームを前記誘導する段階は、該レーザビームを前記第１の堰を超えて流れるガラス形成材料の前記第１のストリーム、前記第２の堰を超えて流れるガラス形成材料の前記第２のストリーム、又は前記溶解リボンのうちの１又は２以上に向けて誘導する段階を備えることを特徴とする請求項８に記載の方法。
【請求項１０】
前記冷却液を前記誘導する段階は、該冷却液を前記第１の堰を超えて流れるガラス形成材料の前記第１のストリーム、前記第２の堰を超えて流れるガラス形成材料の前記第２のストリーム、又は前記溶解リボンのうちの１又は２以上に向けて誘導する段階を備えることを特徴とする請求項８から請求項９のいずれか１項に記載の方法。
【請求項１１】
前記ガラス形成材料のリボンの前記厚みを前記感知する段階は、該ガラス形成材料のリボンの第１のリボン部分において該第１のリボン部分を該ガラス形成材料のリボンの第２のリボン部分から分離した後で行われることを特徴とする請求項７から請求項１０のいずれか１項に記載の方法。
【請求項１２】
前記第１のリボン部分の前記分離と前記厚みの前記感知との間の時間遅延を計算する段階と、
前記時間遅延に基づいて前記レーザビーム及び前記冷却液を前記第２のリボン部分に向けて誘導する段階と、
を更に備えることを特徴とする請求項１１に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
〔関連出願への相互参照〕
この出願は、２０１９年１２月２日出願の米国仮特許出願第６２／９４２，２５８号の「３５　Ｕ．Ｓ．Ｃ．§１１９」の下での優先権の利益を主張するものであり、その内容は、信頼するに足り、かつその全体が引用によって本明細書に組み込まれている。
【０００２】
本発明の開示は、一般的にガラスリボンを製造する方法に関連し、より具体的には、ガラスリボンの厚みを制御することによってガラスリボンを製造する方法に関する。
【背景技術】
【０００３】
ガラス製造装置を用いて溶融材料をガラスリボンに製造することは公知である。ターゲット厚みを有するガラスリボンを生成するために、ガラスリボンの厚みは測定することができる。しかし、ガラスリボンの厚みを測定することは、ガラスリボンの場所での厚みをこのガラスリボンの場所での厚みがターゲット厚みから外れる場合に調節することを必要とする場合がある。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００４】
以下は、詳細説明に説明する一部の実施形態の基本的理解を提供するために本発明の開示の簡略化した要約を提示するものである。
【０００５】
一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、ガラス形成材料のリボンの厚みを制御することができる制御デバイスを備えることができる。厚みセンサは、ガラス形成材料のリボンが進行方向に進行経路に沿って移動する時に厚みを感知することができ、又は一部の実施形態では、厚みセンサは、第１のリボン部分の分離後に厚みを感知することができる。制御デバイスは、ターゲット厚みから外れるガラス形成材料のリボンのいずれの場所も識別することができる。制御デバイスは、ガラス形成材料のリボンに局所的加熱

及び／又は冷却を提供するようにレーザ装置及び／又は冷却チューブを制御することができる。制御デバイスは、更に、発生する場合があるいずれの時間遅延及び／又はプロセス外乱にも対処することができ、すなわち、ガラス形成材料のリボンのより正確な厚み制御を提供する。

【０００６】

一部の実施形態により、ガラスリボンを製造する方法は、進行方向に進行経路に沿ってガラス形成材料のリボンを移動する段階を備えることができる。方法は、ガラス形成材料のリボンの複数の場所でガラス形成材料のリボンの厚みを感知する段階を備えることができる。方法は、複数の場所のうちでその場所での対応する厚みがターゲット厚みを超える場所を識別する段階を備えることができる。方法は、厚み変化率と、対応する厚み及びターゲット厚み間の厚み差とをレーザ電力と相関させる段階を備えることができる。方法は、その場所での粘性を低減してその場所でのターゲット厚みを達成するためにそのレーザ電力でレーザビームをガラス形成材料のリボンに向けて誘導する段階を備えることができる。

【０００７】

一部の実施形態では、識別する段階は、複数の場所のうちで第２の場所での第２の対応する厚みがターゲット厚みよりも小さい第２の場所を識別する段階を備えることができる。

【０００８】

一部の実施形態では、方法は、第２の場所での粘性を増大して第２の場所でのターゲット厚みを達成するために冷却液をガラス形成材料のリボンに向けて誘導する段階を備えることができる。

【０００９】

一部の実施形態では、方法は、形成楔の第１の堰を超してガラス形成材料の第１のストリームを流す段階を備えることができる。方法は、形成楔の第２の堰を超してガラス形成材料の第２のストリームを流す段階を備えることができる。方法は、溶解リボンを形成するためにガラス形成材料の第１のストリーム及びガラス形成材料の第２のストリームを溶解する段階を備えることができる。

【００１０】

一部の実施形態では、レーザビームを誘導する段階は、第１の堰を超えて流れるガラス形成材料の第１のストリーム、第２の堰を超えて流れるガラス形成材料の第２のストリーム、又は溶解リボンのうちの１又は２以上に向けてレーザビームを誘導する段階を備えることができる。

【００１１】

一部の実施形態では、ガラス形成材料のリボンの厚みを感知する段階は、進行方向に対して実質的に垂直な第１の軸線に沿って離間した複数の場所で行うことができる。

【００１２】

一部の実施形態では、ガラス形成材料のリボンの厚みを感知する段階は、ガラス形成材料のリボンの第２のリボン部分から第１のリボン部分を分離した後でガラス形成材料のリボンの第１のリボン部分内で行うことができる。

【００１３】

一部の実施形態により、ガラスリボンを製造する方法は、進行方向に進行経路に沿ってガラス形成材料のリボンを移動する段階を備えることができる。方法は、ガラス形成材料のリボンの複数の場所でガラス形成材料のリボンの厚みを感知する段階を備えることができる。方法は、複数の場所のうちで第１の場所での第１の対応する厚みがターゲット厚みを超える第１の場所と、複数の場所のうちで第２の場所での第２の対応する厚みがターゲット厚みよりも小さい第２の場所とを識別する段階を備えることができる。方法は、第１の場所での粘性を低減して第１の場所でのターゲット厚みを達成するためにガラス形成材料のリボンに向けてレーザビームを誘導する段階を備えることができる。方法は、第２の場所での粘性を増大して第２の場所でのターゲット厚みを達成するためにガラス形成材料のリボンに向けて冷却液を誘導する段階を備えることができる。

【００１４】
一部の実施形態では、方法は、形成楔の第１の堰を超してガラス形成材料の第１のストリームを流す段階を備えることができる。方法は、形成楔の第２の堰を超してガラス形成材料の第２のストリームを流す段階を備えることができる。方法は、溶解リボンを形成するためにガラス形成材料の第１のストリーム及びガラス形成材料の第２のストリームを溶解する段階を備えることができる。
【００１５】
一部の実施形態では、レーザビームを誘導する段階は、第１の堰を超えて流れるガラス形成材料の第１のストリーム、第２の堰を超えて流れるガラス形成材料の第２のストリーム、又は溶解リボンのうちの１又は２以上に向けてレーザビームを誘導する段階を備えることができる。
【００１６】
一部の実施形態では、ガラス形成材料のリボンの厚みを感知する段階は、ガラス形成材料のリボンの第２のリボン部分から第１のリボン部分を分離した後でガラス形成材料のリボンの第１のリボン部分内で行うことができる。
【００１７】
一部の実施形態では、方法は、第１のリボン部分の分離と厚みの感知との間の時間遅延を計算する段階を備えることができる。方法は、時間遅延に基づいて第２のリボン部分に向けてレーザビーム及び冷却液を誘導する段階を備えることができる。
【００１８】
一部の実施形態により、ガラスリボンを製造する方法は、進行方向に進行経路に沿ってガラス形成材料のリボンを移動する段階を備えることができる。方法は、ガラス形成材料のリボンの第１のリボン部分をガラス形成材料のリボンの第２のリボン部分から分離する段階を備えることができる。方法は、第１のリボン部分の複数の場所で厚みを感知する段階を備えることができる。方法は、複数の場所のうちで第１の場所での対応する厚みがターゲット厚みを超える第１の場所を識別する段階を備えることができる。方法は、第１のリボン部分の分離と厚みの感知との間の時間遅延を計算する段階を備えることができる。方法は、第２の場所での粘性を低減して第２の場所でのターゲット厚みを達成するために第１のリボン部分の第１の場所に対応する第２のリボン部分の第２の場所に向けて時間遅延に基づくレーザ電力でレーザビームを誘導する段階を備えることができる。
【００１９】
一部の実施形態では、方法は、複数の場所での予想厚みを備えるガラス形成材料のリボンの予想厚みプロファイルを発生させる段階を備えることができる。
【００２０】
一部の実施形態では、第１の場所を識別する段階は、予想厚みプロファイルを複数の場所で感知された厚みと比較する段階を備えることができる。
【００２１】
一部の実施形態では、方法は、予想厚みプロファイルと複数の場所で感知された厚みの間の比較に基づいて第２のリボン部分の第２の厚みプロファイルを発生させる段階を備えることができる。
【００２２】
一部の実施形態では、方法は、複数の場所のうちで第３の場所での第３の対応する厚みがターゲット厚みよりも小さい第３の場所を識別する段階を備えることができる。
【００２３】
一部の実施形態では、方法は、第４の場所での粘性を増大して第４の場所でのターゲット厚みを達成するために第１のリボン部分の第３の場所に対応する第２のリボン部分の第４の場所に向けて冷却液を誘導する段階を備えることができる。
【００２４】
一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、進行方向に進行経路に沿ってガラス形成材料のリボンを移動する段階を備えることができる。方法は、ガラス形成材料の

リボンの複数の場所でガラス形成材料のリボンの厚みを感知する段階を備えることができる。方法は、複数の場所のうちでその場所での対応する厚みがターゲット厚みを超える場所、又は複数の場所のうちで第２の場所での第２の対応する厚みがターゲット厚みよりも小さい第２の場所のうちの１又は２以上を識別する段階を備えることができる。方法は、厚み変化率と、対応する厚み及びターゲット厚み間の厚み差とをその場所での対応する厚みがターゲット厚みを超える時のレーザ電力と相関させる段階を備えることができる。方法は、その場所での粘性を低減してその場所でのターゲット厚みを達成するためにガラス形成材料のリボンに向けたそのレーザ電力でのレーザビーム、又は第２の場所での粘性を増大して第２の場所でのターゲット厚みを達成するためにガラス形成材料のリボンに向けた冷却液のうちの１又は２以上を誘導する段階を備えることができる。

【００２５】

本明細書に開示する実施形態の追加の特徴及び利点は、以下の詳細説明に列挙され、部分的にその説明から当業者に明らかであり、又は以下の詳細説明、特許請求の範囲、並びに添付図面を含む本明細書に説明する実施形態を実施することによって認識されるであろう。以上の概要説明と実施形態を提示する以下の詳細説明との両方は、本明細書に開示する実施形態の性質及び特徴を理解するための概要又はフレームワークを提供することを意図していることは理解されるものとする。添付図面は、更なる理解を提供するために含まれ、かつ本明細書に組み込まれてその一部を構成するものである。図面は、本発明の開示の様々な実施形態を例示し、説明と共にその原理及び作動を解説するものである。

【００２６】

これら及び他の特徴、実施形態、及び利点は、以下の詳細説明を添付図面を参照して読む時により良く理解される。

【図面の簡単な説明】

【００２７】

【図１】本発明の開示の実施形態によるガラス製造装置の例示的実施形態の概略図である。

【図２】本発明の開示の実施形態によるガラス製造装置の図１の線２－２に沿った斜視断面図である。

【図３】ガラス形成材料のリボンの厚みを感知して制御するためのガラス製造装置の厚みセンサ及び制御デバイスを示す図である。

【図４】ガラス形成材料のリボンの第１の部分の厚みを第１の部分が第２の部分から分離された後に感知する厚みセンサを示す図である。

【図５】ガラス形成材料のリボンの厚みを感知して制御するための制御スキームを示す図である。

【図６】ガラス形成材料のリボンの厚みを感知する厚みセンサとガラス形成材料のリボンの一部分を加熱及び／又は冷却する調節装置とを示す図である。

【図７】ガラス形成材料のリボンの第１の部分の厚みを第１の部分が第２の部分から分離された後に感知する厚みセンサとガラス形成材料のリボンの一部分を加熱及び／又は冷却する調節装置とを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００２８】

ここで例示的実施形態を示す添付図面を参照して実施形態をより完全に以下に説明する。可能な限り、同じ参照番号は、同じか又は類似の部品を指すために図面を通して使用される。しかし、本発明の開示は、多くの異なる形態に具現化することができ、本明細書に列挙する実施形態に限定するように解釈してはならない。

【００２９】

本発明の開示は、ガラス製造装置及びガラスリボンを生成する方法に関する。ガラスリボンを生成する方法及び装置をここでガラス形成材料のリボンからガラスリボンを生成するための例示的実施形態によって以下に説明する。図１に概略的に示すように、一部の実施形態では、例示的ガラス製造装置１００は、ガラス溶融及び送出装置１０２と、多量の溶融材料１２１からガラス形成材料１０３のリボンを生成するように設計された形成容器

１４０を備える形成装置１０１とを備えることができる。一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンは、ガラス形成材料１０３のリボンの第１の外縁１５３及び第２の外縁１５５に沿って形成された対向する縁部分（例えば、縁ビード）の間に位置決めされた中心部分１５２を備えることができ、縁部分の厚みは、中心部分の厚みよりも大きいとすることができる。これに加えて、一部の実施形態では、分離されるガラスリボン１０４は、ガラスセパレータ１４９（例えば、スクライブ、切り込みホイール、ダイヤモンド先端、レーザなど）によって分離経路１５１に沿ってガラス形成材料１０３のリボンから分離することができる。

【００３０】

一部の実施形態では、ガラス溶融及び送出装置１０２は、バッチ材料１０７を格納ビン１０９から受け入れるように向けられた溶融容器１０５を備えることができる。バッチ材料１０７は、モータ１１３によって動力供給されるバッチ送出デバイス１１１によって導入することができる。一部の実施形態では、任意的なコントローラ１１５は、矢印１１７によって示すように望ましい量のバッチ材料１０７を溶融容器１０５の中に導入するためにモータ１１３を起動するように作動させることができる。溶融容器１０５は、溶融材料１２１を提供するためにバッチ材料１０７を加熱することができる。一部の実施形態では、スタンドパイプ１２３内の溶融材料１２１のレベルを測定し、かつ測定された情報を通信ライン１２５によってコントローラ１１５に通信するのに溶融プローブ１１９を使用することができる。

【００３１】

これに加えて、一部の実施形態では、ガラス溶融及び送出装置１０２は、溶融容器１０５から下流に位置付けられて第１の接続導管１２９によって溶融容器１０５に結合された清澄容器１２７を備える第１の調整ステーションを備えることができる。一部の実施形態では、溶融材料１２１は、第１の接続導管１２９によって溶融容器１０５から清澄容器１２７まで重力給送することができる。例えば、一部の実施形態では、重力は、溶融材料１２１を第１の接続導管１２９の内部通路を通して溶融容器１０５から清澄容器１２７まで駆動することができる。これに加えて、一部の実施形態では、様々な技術によって泡を清澄容器１２７内の溶融材料１２１から除去することができる。

【００３２】

一部の実施形態では、ガラス溶融及び送出装置１０２は、清澄容器１２７から下流に位置付けることができる混合チャンバ１３１を備える第２の調整ステーションを更に備えることができる。混合チャンバ１３１は、溶融材料１２１の均質組成物を提供し、それによって他に清澄容器１２７を出る溶融材料１２１内に存在する場合がある不均質性を低減又は排除するのに使用することができる。図示のように、清澄容器１２７は、第２の接続導管１３５によって混合チャンバ１３１に結合することができる。一部の実施形態では、溶融材料１２１は、第２の接続導管１３５によって清澄容器１２７から混合チャンバ１３１まで重力給送することができる。例えば、一部の実施形態では、重力は、溶融材料１２１を第２の接続導管１３５の内部通路を通して清澄容器１２７から混合チャンバ１３１まで駆動することができる。

【００３３】

これに加えて、一部の実施形態では、ガラス溶融及び送出装置１０２は、混合チャンバ１３１から下流に位置付けることができる送出チャンバ１３３を備える第３の調整ステーションを備えることができる。一部の実施形態では、送出チャンバ１３３は、入口導管１４１の中に給送されることになる溶融材料１２１を調整することができる。例えば、送出チャンバ１３３は、一貫した流れの溶融材料１２１を調節してそれを入口導管１４１に提供するようにアキュムレータ及び／又は流れコントローラとして機能することができる。図示のように、混合チャンバ１３１は、第３の接続導管１３７によって送出チャンバ１３３に結合することができる。一部の実施形態では、溶融材料１２１は、第３の接続導管１３７によって混合チャンバ１３１から送出チャンバ１３３まで重力給送することができる。例えば、一部の実施形態では、重力は、混合チャンバ１３１から送出チャンバ１３３ま

で第３の接続導管１３７の内部経路を通して溶融材料１２１を駆動することができる。更に図示するように、一部の実施形態では、送出パイプ１３９は、溶融材料１２１を形成装置１０１まで、例えば、形成容器１４０の入口導管１４１まで送出するように位置決めすることができる。

【００３４】

形成装置１０１は、本発明の開示の特徴により、形成容器の様々な実施形態、例えば、ガラスリボンを溶解引き延ばしするための楔を有する形成容器、ガラスリボンをスロット引き延ばしするためのスロットを有する形成容器、又は形成容器からのガラスリボンを圧延するための圧搾ロールが設けられた形成容器を備えることができる。一部の実施形態では、形成装置１０１は、例えば、形成装置１０１をリドロー工程の一部とするシートリドローを備えることができる。例えば、厚みを備えることができるガラスリボン１０４は、より小さい厚みを備えるより薄いガラスリボン１０４を達成するために加熱されてリドローされる場合がある。例示として、形成楔２０９の根元１４５として定められた庭縁から溶融材料１２１を溶解引き延ばししてガラス形成材料１０３のリボンを生成するために、以下に図示及び開示する形成容器１４０を設けることができる。例えば、一部の実施形態では、溶融材料１２１は、入口導管１４１から形成容器１４０まで送出することができる。溶融材料１２１は、次に、形成容器１４０の構造に部分的に基づいてガラス形成材料１０３のリボンに形成することができる。例えば、図示のように、溶融材料１２１は、ガラス製造装置１００の進行方向１５４に延びる引き延ばし経路に沿って形成容器１４０の庭縁（例えば、根元１４５）から引き延ばすことができる。一部の実施形態では、縁誘導器１６３、１６４は、溶融材料１２１を形成容器１４０から誘導してガラス形成材料１０３のリボンの幅「W」を部分的に定めることができる。一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンの幅「W」は、ガラス形成材料１０３のリボンの第１の外縁１５３とガラス形成材料１０３のリボンの第２の外縁１５５との間を延びる。

【００３５】

一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンの第１の外縁１５３とガラス形成材料１０３のリボンの第２の外縁１５５との間を延びるガラス形成材料１０３のリボンの幅「W」は、約２０ミリメートル（mm）よりも大きいか又はそれに等しく、例えば、約５０mmよりも大きいか又はそれに等しく、例えば、約１００mmよりも大きいか又はそれに等しく、例えば、約５００mmよりも大きいか又はそれに等しく、例えば、約１０００mmよりも大きいか又はそれに等しく、例えば、約２０００mmよりも大きいか又はそれに等しく、例えば、約３０００mmよりも大きいか又はそれに等しく、例えば、約４０００mmよりも大きいか又はそれに等しいとすることができるが、上述の幅よりも小さい又は大きい他の幅を更に別の実施形態に設けることができる。例えば、一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンの幅「W」は、約２０mmから約４０００mmの範囲内、例えば、約５０mmから約４０００mmの範囲内、例えば、約１００mmから約４０００mmの範囲内、例えば、約５００mmから約４０００mmの範囲内、例えば、約１０００mmから約４０００mmの範囲内、例えば、約２０００mmから約４０００mmの範囲内、例えば、約３０００mmから約４０００mmの範囲内、例えば、約２０mmから約３０００mmの範囲内、例えば、約５０mmから約３０００mmの範囲内、例えば、約１００mmから約３０００mmの範囲内、例えば、約５００mmから約３０００mmの範囲内、例えば、約１０００mmから約３０００mmの範囲内、例えば、約２０００mmから約３０００mmの範囲内、例えば、約２０００mmから約２５００mmの範囲内、及びそれらの間の全ての範囲及び部分範囲とすることができる。

【００３６】

図２は、図１の線２－２に沿った形成装置１０１（例えば、形成容器１４０）の断面斜視図を示している。一部の実施形態では、形成容器１４０は、溶融材料１２１を入口導管１４１から受け入れるように向けられたトラフ２０１を備えることができる。例示目的のために、溶融材料１２１のクロスハッチングは、明確にするために図２から除去されている。形成容器１４０は、形成楔２０９を更に備えることがで、これは、形成楔２０９の対

向端部２１０、２１１（図１を参照されたい）間を延びる１対の下方傾斜収束面部分２０７、２０８を備える。形成楔２０９の１対の下方傾斜収束面部分２０７、２０８は、進行方向１５４に沿って収束し、形成容器１４０の根元１４５に沿って交差することができる。根元１４５は、形成楔２０９の底部を定め、そこで下方傾斜収束面部分２０７、２０８は、交差して点を形成する。ガラス製造装置１００の延伸平面２１３は、進行方向１５４に沿って根元１４５を通って延びることができる。一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンは、延伸平面２１３に沿って進行方向１５４に引き延ばすことができる。図示のように、延伸平面２１３は、根元１４５を通って形成楔２０９を二分することができるが、一部の実施形態では、延伸平面２１３は、根元１４５に対して他の向きに延びることができる。一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、進行方向１５４に進行経路２２１に沿ってガラス形成材料１０３のリボンを移動する段階を備えることができ、進行経路２２１は、延伸平面２１３と同一平面とすることができる。

【００３７】

これに加えて、一部の実施形態では、溶融材料１２１は、形成容器１４０のトラフ２０１の中にかつそれに沿って方向１５６に流れることができる。溶融材料１２１は、次に、対応する堰２０３、２０４を越してかつ対応する堰２０３、２０４の外面２０５、２０６の上を下方に同時に流れることによってトラフ２０１から溢れることができる。例えば、ガラスリボンを製造する方法は、ガラス形成材料の第１のストリーム２４１を形成楔２０９の第１の堰２０３を超して流す段階と、ガラス形成材料の第２のストリーム２４３を形成楔２０９の第２の堰２０４を超して流す段階とを備えることができる。ガラス形成材料の第１のストリーム２４１及びガラス形成材料の第２のストリーム２４３は、形成容器１４０の根元１４５から引き延ばされるように形成楔２０９の下方傾斜収束面部分２０７、２０８に沿って流れることができる。一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、ガラス形成材料の第１のストリーム２４１及びガラス形成材料の第２のストリーム２４３を溶解して溶解リボン２４５を形成する段階を備えることができる。例えば、第１のストリーム２４１及び第２のストリーム２４３は、根元１４５で収束して溶解することができる。一部の実施形態では、溶解リボン２４５は、進行方向１５４に沿って延伸平面２１３内で根元１４５から引き延ばすことができる。一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンは、ガラス形成材料の第１のストリーム２４１及びガラス形成材料の第２のストリーム２４３を溶融前に進行方向１５４に対して根元１４５の上流に備えることができ、かつ進行方向１５４に対して形成楔２０９から下流に根元１４５から引き延ばされた溶解リボン２４５を備える場合がある。ガラス形成材料１０３のリボンは、ガラス形成材料１０３のリボンの垂直場所に基づいて材料の少なくとも１つの状態を備えることができる。例えば、１つの場所では、ガラス形成材料１０３のリボンは、粘性溶融材料１２１を備えることができ、別の場所では、ガラス形成材料１０３のリボンは、ガラス質状態の非晶質固体（例えば、ガラスリボン）を備えることができる。

【００３８】

ガラス形成材料１０３のリボンは、反対方向に向く第１の主面２１５又は第２の主面２１６を備え、これは、第１の主面２１５又は第２の主面２１６の一方又は両方に対して垂直な軸線に沿ってガラス形成材料１０３のリボンの厚み「Ｔ」（例えば、平均厚み）を定める。一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンの厚み「Ｔ」は、約２ミリメートル（ｍｍ）よりも小さいか又はそれに等しく、約１ミリメートルよりも小さいか又はそれに等しく、約０．５ミリメートルよりも小さいか又はそれに等しく、例えば、約３００マイクロメートル（μｍ）よりも小さいか又はそれに等しく、約２００マイクロメートルよりも小さいか又はそれに等しく、又は約１００マイクロメートルよりも小さいか又はそれに等しいとすることができるが、他の厚みを更に別の実施形態で設けることができる。例えば、一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンの厚み「Ｔ」は、約２０マイクロメートルから約２００マイクロメートルの範囲内、約５０マイクロメートルから約７５０マイクロメートルの範囲内、約１００マイクロメートルから約７００マイクロメートルの範囲内、約２００マイクロメートルから約６００マイクロメートルの範囲内、約

３００マイクロメートルから約５００マイクロメートルの範囲内、約５０マイクロメートルから約５００マイクロメートルの範囲内、約５０マイクロメートルから約７００マイクロメートルの範囲内、約５０マイクロメートルから約６００マイクロメートルの範囲内、約５０マイクロメートルから約５００マイクロメートルの範囲内、約５０マイクロメートルから約４００マイクロメートルの範囲内、約５０マイクロメートルから約３００マイクロメートルの範囲内、約５０マイクロメートルから約２００マイクロメートルの範囲内、約約１００マイクロメートルに５０マイクロメートルからの範囲内、約２５マイクロメートルから約１２５のマイクロメートルの範囲内とすることができ、それらの間の厚みの全ての範囲及び部分範囲を備える。これに加えて、ガラス形成材料１０３のリボンは、様々な組成物、例えば、ホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、アルカリ含有ガラス、又は無アルカリガラス、アルカリアルミノ珪酸ガラス、アルカリ土属アルミノ珪酸ガラス、ソーダ石灰ガラスなどを備えることができる。

【００３９】

一部の実施形態では、ガラスセパレータ１４９（図１を参照されたい）は、複数の分離されたガラスリボン１０４（すなわち、ガラスの複数のシート）を提供するために分離経路１５１に沿ってガラスリボン１０４をガラス形成材料１０３のリボンから分離することができる。他の実施形態により、ガラスリボン１０４のより長い部分は、ストレージロール上に巻き付けることができる。分離されたガラスリボンは、次に、望ましい用途（例えば、ディスプレイ用途）に加工することができる。例えば、分離されたガラスリボンは、液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）、電気泳動ディスプレイ（ＥＰＤ）、有機発光ダイオードディスプレイ（ＯＬＥＤ）、プラズマディスプレイパネル（ＰＤＰ）、タッチセンサ、光電装置、及び他の電子ディスプレイを含む広範囲のディスプレイ用途に使用することができる。

【００４０】

図３は、形成容器１４０の概略図を示している。一部の実施形態では、ガラス製造装置１００は、ガラス形成材料１０３のリボンの厚み（例えば、図２に示す厚み「Ｔ」）を測定することができる厚みセンサ３０１を備えることができる。例えば、厚みは、ガラス形成材料１０３のリボンの第１の主面２１５と第２の主面２１６の間で（例えば、図１に示す第１の外縁１５３と第２の外縁１５５の間を延びるガラス形成材料１０３のリボンの幅「Ｗ」と垂直に）測定することができる。一部の実施形態では、厚みセンサ３０１は、例えば、進行方向１５４に対して形成容器１４０の根元１４５から下流の形成容器１４０の底部でガラス形成材料１０３のリボンの厚みを感知することができる。一部の実施形態では、厚みセンサ３０１は、レーザベースの厚み測定デバイスを備えることができる。

【００４１】

一部の実施形態では、厚みセンサ３０１は、１又は２以上の場所で、例えば、第１の場所３０３、第２の場所３０５、第３の場所３０７、第４の場所３０９などでガラス形成材料１０３のリボンの厚みを感知することができる。一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、ガラス形成材料１０３のリボンの複数の場所（例えば、第１の場所３０３、第２の場所３０５、第３の場所３０７、第４の場所３０９など）でガラス形成材料１０３のリボンの厚みを感知する段階を備えることができる。ガラス形成材料１０３のリボンの厚みを感知する段階は、進行方向１５４と実質的に垂直とすることができる第１の軸線３１３に沿って離間した複数の場所で行うことができる。例えば、第１の軸線３１３は、ガラス形成材料１０３のリボンの第１の主面２１５及び／又は第２の主面２１６と実質的に平行とすることができる方向に沿ってガラス形成材料１０３のリボンにわたって（例えば、第１の外縁１５３と第２の外縁１５５の間で）延びることができる。一部の実施形態では、第１の場所３０３を第１の外縁１５３から分離する距離は、第２の場所３０５、第３の場所３０７、及び／又は第４の場所３０９を第１の外縁１５３から分離する距離よりも小さいとすることができる。一部の実施形態では、第４の場所３０９を第２の外縁１５５から分離する距離は、第１の場所３０３、第２の場所３０５、及び／又は第３の場所３０７を第２の外縁１５５から分離する距離よりも小さいとすることができる。一部の実

施形態では、第２の場所３０５及び第３の場所３０７は、第１の場所３０３と第４の場所３０９の間に位置付けることができる。

【００４２】

ガラス製造装置１００は、１つの軸線、例えば、第１の軸線３１３に沿ってガラス形成材料１０３のリボンの厚みを感知することに制限されない。むしろ、一部の実施形態では、厚みセンサ３０１及び／又は追加の厚みセンサは、第１の軸線３１３に対して傾斜することができる１又は２以上の軸線、例えば、第１の軸線３１３と実質的に垂直で進行方向１５４と実質的に平行とすることができる第２の軸線３１５に沿ってガラス形成材料１０３のリボンの厚みを感知することができる。第２の軸線３１５は、第２の場所３０５と交差することができる。一部の実施形態では、厚みセンサ３０１及び／又は追加の厚みセンサは、第１の軸線３１３及び／又は第２の軸線３１５と実質的に平行とすることができる１又は２以上の軸線に沿ってガラス形成材料１０３のリボンの厚みを感知することができる。

【００４３】

一部の実施形態では、厚みセンサ３０１は、複数の場所、例えば、第１の場所３０３、第２の場所３０５、第３の場所３０７、及び第４の場所３０９で厚みセンサ３０１によって感知された厚みに対応する厚みプロファイル３２１を発生させることができる。厚みセンサ３０１は、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みを周期的に及び／又は連続的に感知することができる。例えば、一部の実施形態では、厚みセンサ３０１は、厚みセンサ３０１がガラス形成材料１０３のリボンのリアルタイム厚みに対応する更新された厚みプロファイル３２１を発生させることができるように複数の場所で厚みを連続的に（例えば、中断又は間隙なしで）感知することができる。ガラス形成材料１０３のリボンのリアルタイム厚みは、ガラス形成材料１０３のリボンが測定される時点での瞬時厚みを表すことができ、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みは、加工のためにデバイス（例えば、制御デバイス３２５）に直ちに送信することができる。一部の実施形態では、厚みセンサ３０１は、例えば、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みを感知し、次に、厚みを感知せずに予め決められた期間を待機し、次に、厚みを再び感知することなどにより、複数の場所で厚みを周期的に感知することができる。従って、厚みセンサ３０１は、複数の場所でリアルタイム厚みに対応しない場合がある更新された厚みプロファイル３２１を発生させることができる。一部の実施形態では、厚みセンサ３０１は、形成容器１４０に対する静的場所で厚みを感知することができる。例えば、一部の実施形態では、厚みセンサ３０１は、複数の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９で厚みを感知することができ、第１の軸線３１３及び従って複数の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９は、根元１４５から静的又は不変の距離に位置付けることができる。

【００４４】

一部の実施形態では、ガラス製造装置１００は、厚みセンサ３０１に結合することができる制御デバイス３２５を備えることができる。制御デバイス３２５は、例えば、コンピュータ、コンピュータのようなデバイス、プログラマブル論理コントローラなどを備えることができる。一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、厚みセンサ３０１によって感知された厚みに基づいてガラス形成材料１０３のリボンの厚みの変化を達成するように構成（例えば、プログラム、符号化、設計、及び／又は製造）することができる。例えば、厚みセンサ３０１は、通信ライン３２７（例えば、有線、無線など）によって制御デバイス３２５と通信することができる。厚みプロファイル３２１は、通信ライン３２７を通して制御デバイス３２５に厚みセンサ３０１から送信することができる。一部の実施形態では、ターゲット厚みプロファイル３１は、制御デバイス３２５に送信することができる。ターゲット厚みプロファイル３３１は、ガラス形成材料１０３のリボンのターゲット厚みの作動範囲を備えることができる。例えば、ターゲット厚みプロファイル３３１は、第１の場所３０３での第１のターゲット厚み、第２の場所３０５での第２のターゲット厚み、第３の場所３０７での第３のターゲット厚み、及び第４の場所３０９での第４のターゲット厚みを備えることができる。

【００４５】
一部の実施形態では、ガラス製造装置１００は、粘性状態にあるガラス形成材料１０３のリボンの一部分の温度を上昇させて粘性を低減し、それによってレーザビームが衝突するガラス形成材料１０３のリボンの部分の厚みが変わるようにレーザビームを射出することができるレーザ装置３３５を備えることができる。一部の実施形態では、レーザ装置３３５は、レーザ発生器３３７を備えることができる。レーザ発生器３３７は、レーザビームを発生及び射出することができる。一部の実施形態では、レーザ発生器３３７は、高強度赤外線レーザ発生器、例えば、二酸化炭素（CO_2）レーザ発生器を備えることができる。レーザ発生器３３７は、レーザビームが衝突するガラス形成材料１０３のリボンの部分の温度を上昇させて粘性を低減するほどの波長及び電力を含むレーザビームを発生させることができる。一部の実施形態では、レーザ発生器３３７からのレーザビームが向けられる方向を制御するために、レーザ装置３３５は、ビーム誘導装置３３９を備えることができる。ビーム誘導装置３３９は、反射面、例えば、ミラーを備えることができる。ビーム誘導装置３３９は、例えばビーム誘導装置３３９を回転させる及び／又はビーム誘導装置３３９を平行移動させることによってビーム誘導装置３３９を移動することができる移動装置に結合することができる。

【００４６】
ビーム誘導装置３３９は、レーザビームをレーザ発生器３３７から受け入れてレーザビームをガラス形成材料１０３のリボンに向けて誘導する（例えば、ビーム誘導装置３３９がミラーを備える時は反射する）ことができる。例えば、一部の実施形態では、ビーム誘導装置３３９は、レーザビームを第１の場所３０３、第２の場所３０５、第３の場所３０７、及び／又第４の場所３０９のうちの１又は２以上に向けて誘導することができる。一部の実施形態では、ビーム誘導装置３３９は、第１のレーザビーム３５１を第１の場所３０３に向けて誘導することができ、第１の場所３０３で第１のレーザビーム３５１は、形成容器１４０の根元１４５の下方の場所でガラス形成材料１０３のリボンに衝突することができる。一部の実施形態では、ビーム誘導装置３３９は、第２のレーザビーム３５３を第２の場所３０５に向けて誘導することができ、第２の場所３０５で第２のレーザビーム３５３は、形成容器１４０の根元１４５の下方の場所でガラス形成材料１０３のリボンに衝突することができる。一部の実施形態では、ビーム誘導装置３３９は、第３のレーザビーム３５５を第３の場所３０７に向けて誘導することができ、第３の場所３０７で第３のレーザビーム３５５は、形成容器１４０の根元１４５の下方の場所でガラス形成材料１０３のリボンに衝突することができる。一部の実施形態では、ビーム誘導装置３３９は、第４のレーザビーム３５７を第４の場所３０９に向けて誘導することができ、第４の場所３０９で第４のレーザビーム３５７は、形成容器１４０の根元１４５の下方の場所でガラス形成材料１０３のリボンに衝突することができる。一部の実施形態では、ビーム誘導装置３３９は、制御デバイス３２５からレーザ装置３３５に供給することができる制御命令に基づいて移動することができ、制御命令は、ビーム誘導装置３３９にレーザビーム３５１、３５３、３５５、又は３５７のうちの１又は２以上を特定の場所に誘導するように命令することができる。

【００４７】
ビーム誘導装置３３９は、進行方向１５４に対して形成容器１４０の根元１４５の下方の場所に向けてレーザビームを反射することに限定されず、むしろ、一部の実施形態では、ビーム誘導装置３３９は、例えば、第１の堰２０３及び／又は第２の堰２０４に向けて根元１４５の上方にレーザビームを誘導することができる。一部の実施形態では、ビーム誘導装置３３９は、第１の場所３０３に対応する場所で第１の堰２０３及び／又は第２の堰２０４に向けて第１のレーザビーム３６１を誘導することができる。本明細書に使用する時に、第１の場所３０３に対応する場所は、第１のストリーム２４１及び／又第２のストリーム２４３が第１の場所３０３と交差する形成容器１４０を出る時の進行方向１５４に対して第１の場所３０３の上流のガラス形成材料の第１のストリーム２４１及び／又はガラス形成材料の第２のストリーム２４３の場所を備えることができる。一部の実施形態

では、ビーム誘導装置３３９は、第２の場所３０５に対応する場所で第１の堰２０３及び／又は第２の堰２０４に向けて第２のレーザビーム３６３を誘導することができる。一部の実施形態では、ビーム誘導装置３３９は、第３の場所３０５に対応する場所で第１の堰２０３及び／又は第２の堰２０４に向けて第３のレーザビーム３６５を誘導することができる。一部の実施形態では、ビーム誘導装置３３９は、第４の場所３０９に対応する場所で第１の堰２０３及び／又は第２の堰２０４に向けて第４のレーザビーム３６７を誘導することができる。

【００４８】

一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、厚みプロファイル３２１をターゲット厚みプロファイル３３１と比較して場所３０３、３０５、３０７、又は３０９のうちの１つの対応する厚みがターゲット厚みプロファイル３３１のターゲット厚みを超えるか否かを決定することができる。例えば、制御デバイス３２５は、厚みプロファイル３２１を受け入れることができ、厚みプロファイル３２１は、厚みセンサ３０１によって測定された時の第１の場所３０３、第２の場所３０５、第３の場所３０７、及び第４の場所３０９でのガラス形成材料１０３のリボンの厚みを備えることができる。制御デバイス３２５は、それぞれ、場所３０３、３０５、３０７、及び／又は３０９での厚みをターゲット厚みプロファイル３３１、例えば、場所３０３、３０５、３０７、及び／又は３０９でのターゲット厚みと比較することができる。一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、複数の場所３０３、３０５、３０７、及び／又は３０９のうちの場所の対応する厚みがターゲット厚みを超える場所を識別する（例えば、ターゲット厚みプロファイル３３１から）段階を備えることができる。制御デバイス３２５は、場所３０３、３０５、３０７、又は３０９のうちの１つでの測定された厚みとその場所３０３、３０５、３０７、又は３０９でのターゲット厚みとの厚み差を決定することができる。これに加えて、図５に関して説明するように、制御デバイス３２５は、その場所での粘性の減少を引き起こすレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の適したレーザ電力を決定し、その場所でのターゲット厚みを達成することができる。

【００４９】

制御デバイス３２５は、適したレーザ電力及び場所を備える命令をレーザ装置３３５に送信することができる。一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７をガラス形成材料１０３のリボンに向けて誘導し、その場所での粘性を低減してその場所でのターゲット厚みを達成する段階を備えることができる。例えば、一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンの第１の場所３０３で測定された厚みは、第１の場所３０３でのターゲット厚みを超える場合がある。制御デバイス３２５は、第１の場所３０３で測定された厚みとターゲット厚みの間の差を決定して厚み変化率をレーザ電力と相関させることができる。一部の実施形態では、厚み変化率及びレーザ電力は、制御デバイス３２５に供給することができ、かつ特定のレーザ電力に基づく厚み変化の実際の観察された影響に基づく場合がある。一部の実施形態では、制御デバイス３２５に供給される厚み変化率及びレーザ電力は、数学モデルに基づく場合がある。一部の実施形態では、モデルは、異なるレーザ電力に基づいて実際の観察された影響によって更新することができる。制御デバイス３２５は、レーザ発生器３３７にレーザ電力で第１の場所３０３に向けて第１のレーザビーム３５１を誘導させることができる。これに応答して第１の場所３０３での粘性は、減少させることができ、これは、第１の場所３０３での厚みをターゲット厚みが第１の場所３０３を使用して達成されるまで低減させることができる。一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、レーザビーム３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７を第１の堰２０３を超えて流れるガラス形成材料の第１のストリーム２４１及び第２の堰２０４を超えて流れるガラス形成材料の第２のストリーム２４３又は溶解リボン２４５のうちの１又は２以上に向けて誘導する段階を備えることができる。例えば、制御デバイス３２５は、レーザ発生器３３７を第１の堰２０３を超えて流れるガラス形成材料の第１のストリーム２４１に向けて及び／又は第２の堰２０４を超えて流れるガラス形成材料の

第２のストリーム２４３に向けて第１のレーザビーム３６１を誘導するようにトリガすることができる。ガラス形成材料の第１のストリーム２４１又はガラス形成材料の第２のストリーム２４３の粘性は、減少させることができ、これは、第１の場所３０３での厚みをターゲット厚みが第１の場所３０３を使用して達成されるまで低減させることができる。

【００５０】

図４を参照すると、一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みは、第１のリボン部４０１が第２のリボン部４０３から分離された後に感知することができる。例えば、一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、第１のリボン部分４０１の厚みを感知する前にガラス形成材料１０３のリボンの第１のリボン部分４０１をガラス形成材料１０３のリボンの第２のリボン部分４０３から分離する段階を備えることができる。ガラス形成材料１０３のリボンが進行方向１５４に移動する時に、第１のリボン部分４０１は、例えば、図１のガラスセパレータ１４９によって第２のリボン部分４０３から分離することができる。一部の実施形態では、第１のリボン部分４０１は、分離後に遠隔場所、例えば、第１のリボン部分４０１を検査して厚みを測定することができる場所に移送することができる。

【００５１】

分離後に、ガラスリボンを製造する方法は、第１のリボン部分４０１の複数の場所で厚みを感知する段階を備えることができる。例えば、厚みセンサ３０１は、第１のリボン部分４０１の厚みを第１のリボン部分４０１の第１の場所４１１、第２の場所４１３、第３の場所４１５、及び第４の場所４１７で感知することができるが、更に別の実施形態では、厚みは、４よりも多い場所で感知することができ、一方、更に別の実施形態では、厚みは、４よりも少ない場所で感知することができる。一部の実施形態では、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みを感知する段階は、第１のリボン部分４０１をガラス形成材料１０３のリボンの第２のリボン部分４０３から分離した後でガラス形成材料１０３のリボンの第１のリボン部分４０１で行うことができる。一部の実施形態では、第１のリボン部分４０１の厚みは、第１のリボン部分４０１の分離と第１のリボン部分４０１の厚みの感知の間の時間遅延が短いように、第２のリボン部分４０３からの第１のリボン部分４０１の分離直後に感知することができる。一部の実施形態では、時間遅延は、例えば、第１のリボン部分４０１の厚みが分離直後に感知されない時に、むしろ、一定期間が分離後に経過した後の方が長い場合がある。例えば、時間遅延は、第１のリボン部分４０１を第１のリボン部分４０１が分離される場所から第１のリボン部分４０１を検査することができて厚みを測定することができる遠隔場所まで移送することで生じる場合がある。

【００５２】

一部の実施形態では、第１のリボン部分４０１の第１の外縁１５３及び第２の外縁１５５に対する第１の場所４１１、第２の場所４１３、第３の場所４１５、及び／又は第４の場所４１７の場所は、それぞれ、第２のリボン部分４０３の第１の外縁１５３及び第２の外縁１５５に対する第１の場所３０３、第２の場所３０５、第３の場所３０７、及び／又は第４の場所３０９の場所に対応することができる。例えば、第１の場所４１１は、第１のリボン部分４０１の第１の外縁１５３から第１の距離だけ離間させることができ、第１の場所３０３は、第２のリボン部分４０３の第１の外縁１５３から第１の距離だけ離間させることができる。一部の実施形態では、第４の場所４１７は、第１のリボン部分４０１の第２の外縁１５５から第２の距離だけ離間させることができ、第４の場所３０９は、第２のリボン部分４０３の第２の外縁１５５から第２の距離だけ離間させることができる。一部の実施形態では、第１のリボン部分４０１の複数の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７を分離する距離は、第２のリボン部分４０３の複数の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９を分離する距離に適合することができる。従って、第１のリボン部分４０１の複数の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７での厚みは、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７を第２のリボン部分４０３の複数の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９に衝突させることにより、及び／又はレーザビーム３６１、３６３、３６５、又は３６７を第１の堰２０３を超えて流れる第１のストリーム２４１及び／又は第２の

堰２０４を超えて流れる第２のストリーム２４３に衝突させることによって変えることができる。

【００５３】

一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、第１の場所３０３の対応する厚みがターゲット厚みを超える複数の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７のうちの第１の場所を識別する段階を備えることができる。例えば、一部の実施形態では、図４のガラス製造装置１００は、厚みセンサ３０１、制御デバイス３２５、及びレーザ装置３３５を備えることができ、これらは、図３の厚みセンサ３０１、制御デバイス３２５、及びレーザ機構３３５と実質的に類似のものとすることができる。厚みセンサ３０１は、第１のリボン部分４０１の複数の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７の厚みを感知して厚みプロファイル３２１を発生させることができる。一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、厚みプロファイル３２１の測定された厚みをターゲット厚みプロファイル３３１と比較し、場所４１１、４１３、４１５、又は４１７で測定された厚みのうちのどれがターゲット厚みを超えるか否かを識別することができる。これに加えて、一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、第１のリボン部分４０１の分離（例えば、第２のリボン部分４０３からの）と厚みの感知の間の時間遅延を計算することができる。例えば、一定の時間が、第１のリボン部分４０１の分離と、場所４１１、４１３、４１５、又は４１７での厚みセンサ３０１による厚みの感知との間に経過する場合があり、一定の時間は、部分的には、第１のリボン部分４０１を遠隔場所に移送するのに掛かる時間を備える場合がある。

【００５４】

一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、又は３６７をそれぞれ第１のリボン部分４０１の第１の場所４１１、４１３、４１５、及び／又は４１７に対応する第２のリボン部分４０３の第２の場所３０３、３０５、３０７、及び／又は３０９に向けて時間遅延に基づくレーザ電力で誘導し、第２の場所３０３、３０５、３０７、及び／又は３０９での粘性を低減して第２の場所３０３、３０５、３０７、及び／又は３０９でのターゲット厚みを達成する段階を備えることができる。一部の実施形態では、レーザ装置３３５は、図３で上述のものと類似の方法でガラス形成材料１０３のリボンに向けてレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、又は３６７のうちの１又は２以上を誘導することができる。例えば、一部の実施形態では、レーザ装置３３５は、レーザビーム３６１、３６３、３６５、又は３６７のうちの１又は２以上を第１の堰２０３を越えるガラス形成材料の第１のストリーム２４１又は第２の堰２０４を越えるガラス形成材料の第２のストリーム２４３のうちの１又は２以上に向けて誘導することができる。一部の実施形態では、レーザ装置３３５は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、又は３５７のうちの１又は２以上を溶解リボン２４５に向けて誘導することができる。

【００５５】

一部の実施形態では、第２のリボン部分４０３からの第１のリボン部分４０１の分離と第１のリボン部分４０１の厚みの感知との間の時間遅延に起因して、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の効果は、厚みセンサ３０１に直ちに感知されない場合がある。例えば、厚みセンサ３０１を場所３０３、３０５、３０７、及び／又は３０９の近くにかつ進行方向１５４に対してその場所から下流に位置付けることができる図３では、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７によって引き起こされる厚み変化は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７がガラス形成材料１０３のリボンに衝突した直後に厚みセンサ３０１によって感知することができる。しかし、図４では、第１のリボン部分４０１の分離によって引き起こされた時間遅延は、その結果、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７が第２のリボン部分４０３に衝突する時と結果的に生じた厚み変化が厚みセンサ３０１によって感知された時との間の時間遅延になる場合がある。従って、一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、時間遅延をレーザ装置３３５に送ら

れる命令に組み込むことができる。例えば、時間遅延を組み込む制御デバイス３２５がない場合に、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７は、ターゲット厚み変化を提供するのに望ましいものよりも大きい電力で及び／又は時間にわたって第２のリボン部分４０３に衝突するように誘導される場合があり、その結果、厚み変化は、ターゲット厚みプロファイル３３１をオーバーシュートする。

【００５６】

一部の実施形態では、時間遅延に基づいて適したレーザ電力でレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７を誘導するために、時間遅延プロファイル４３１を制御デバイス３２５に送信することができる。例えば、時間遅延プロファイル４３１は、第２のリボン部分４０３からの第１のリボン部分４０１の分離と第１のリボン部分４０１の厚み感知との間に経過した時間量、及び／又は第２のリボン部分４０３上でのレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の衝突と第２のリボン部分４０３の厚みのその後の感知との間に経過した時間量を備えることができる。一部の実施形態では、経過した時間量は、例えば、タイミングデバイスによって測定された時の実際の観察された時間を備えることができる。一部の実施形態では、経過した時間量は、数学モデル、例えば、経過した予想時間量（例えば、分離又は衝突と感知の間の）又は１又は２以上のサイクルで経過した平均期間（例えば、分離又は衝突と感知の間の）の一方又は両方に基づいて供給することができる。いくつかの理由で時間遅延プロファイル４３１を制御デバイス３２５に供給することが有用であると考えられる。例えば、遅延は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７がガラス形成材料１０３のリボンに向けて誘導される時（例えば、これは、ガラス形成材料１０３のリボンの温度を上昇させてリボンの場所の粘性を低減することができ、その結果、その場所での厚みが変えられる）と、結果的に生じた厚み変化が厚みセンサ３０１によって感知される時との間の時間量を表すことができる。図３を参照すると、厚みセンサ３０１が、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７がガラス形成材料１０３のリボンに衝突する場所に近接する場所で厚みを測定することに起因して、時間遅延は、無視することができるとすることができ、厚みセンサ３０１は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の印加のほとんど直後に厚み変化を感知することができるようになっている。図４を参照すると、第１のリボン部分４０１の分離と厚みセンサ３０１による厚み感知との間の時間遅延は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７がガラス形成材料１０３のリボンに衝突する時と、第１のリボン部分４０１の結果的に生じた厚み変化を厚みセンサ３０１が感知することができる時との間の時間を増大する可能性がある。従って、時間遅延プロファイル４３１を組み込むことにより、制御デバイス３２５は、より正確な厚み変化をもたらし、ターゲット厚みプロファイル３３１をオーバーシュートする可能性を制限することができる。

【００５７】

図５を参照すると、概略流れ図５０１は、制御デバイス３２５を使用するガラスリボンを製造する方法を示している。一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、ガラス形成材料１０３のリボンの厚み及び厚み変化の速度の大きさ変化に及ぼすレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の影響に対処することができる。例えば、ガラス形成材料１０３のリボンに及ぼすレーザ装置３３５の影響は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の電力をガラス形成材料１０３のリボンの場所での厚み変化に相関させる利得マトリクスでモデル化することができる。一部の実施形態では、レーザ装置３３５の影響を利得マトリクスでモデル化することにより、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７が衝突することができない周囲の場所と共に、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３（３６５、及び／又は３６７）がガラス形成材料１０３のリボンに衝突する場所でのレーザビーム３５１

、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７によって引き起こされる厚み変化をモデル化することができる。利得マトリクスは、変数K_{mxp}によって表すことができ、かつ次元ｍｘｐを有することができ、ｍは、厚みを厚みセンサ３０１によって測定することができる場所（例えば、図３の場所３０３、３０５、３０７、及び／又は３０９、及び／又は図４の場所４１１、４１３、４１５、及び／又は４１７）の総数を表す変数である。変数ｐは、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７がガラス形成材料１０３のリボンに衝突する場所（例えば、図３から図４の場所３０３、３０５、３０７、及び／又は３０９）の総数を表すことができる。一部の実施形態では、変数ｐは、ガラス形成材料１０３のリボンに衝突するレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の面積、ビーム誘導装置３３９によって決定された時のレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の分解能、及びガラス形成材料１０３のリボンにわたるレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の移動速度（例えば、ビーム誘導装置３３９によって移動された時の）を組み込むことができる、

【００５８】

一部の実施形態では、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の電力の変化への応答は、モデル化することができる。例えば、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７のレーザ電力をレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の印加と厚み変化がもたらされる時との時間遅延と共にガラス形成材料１０３のリボンの場所の厚み変化に関連付けるプロセスモデルをプロットすることができる。一部の実施形態では、制御デバイス３２５が、複数の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９のうちの１又は２以上がターゲット厚みを超える厚みを備えると識別する場合に、制御デバイス３２５は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の適したレーザ電力を決定してレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７をガラス形成材料１０３のリボンに向けて誘導することができる。例えば、一部の実施形態では、プロセスモデルは、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７がガラス形成材料１０３のリボンに衝突する場所に隣接する場所でのレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の影響を決定する厚みプロファイルを備えることができる。例えば、図３及び図４を参照すると、第２のレーザビーム３５３が第２の場所３０５に衝突する場合に、プロセスモデルは、厚み変化が発生する場合もある隣接場所（例えば、第１の場所３０３、第３の場所３０７など）と共に第２の場所３０５の厚みの厚みプロファイルを備えることができる。一部の実施形態では、動的プロセスモデルは、実験データを使用する第１の主要な又は経験的モデル化の１又は２以上によって取得することができる。例えば、経験的モデル化手法では、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、３６７の電力は、各レーザ電力に対してモデル化された出力（例えば、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みプロファイル）を用いて段階的とすることができる。モデルは、以下のように方程式（１）及び（２）によって表すことができる。

（１）

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

（２）

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

【００５９】

方程式（１）及び（２）では、変数ｔは、秒単位に表された時間変数であり、変数θは、秒単位に表された時間遅延（例えば、又は不感時間）である。一部の実施形態では、時間遅延θは、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の影響に応答して変化し始める（例えば、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みが）プロセスの時間量を表すことができる。例えば、図４を参照すると、時間遅延θは、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の影響と厚みセンサ３０１によって感知される厚みとの間の時間量を表すことができる。変数

$\dot{x_c}$

は、状態ベクトルであり、ガラス形成材料１０３のリボンにわたる異なる場所、例えば、図３の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９、及び／又は図４の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７での厚み場所のベクトルを表すことができる。変数ｙは、出力であり、かつ測定された厚み場所、例えば、図３の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９での厚み及び／又は図４の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７での厚みのベクトルを表すことができる。一部の実施形態では、変数ｙ及び

$\dot{x_c}$

は、時間遅延θによって時間で分離された同じデータを備えることができる。変数ｕは、入力であり、かつ例えばレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の衝突に起因してレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７がレーザ電力で印加される異なる場所のベクトルを表すことができる。本発明のシステムマトリクスは、次に、以下のように方程式（３）、（４）、及び（５）によって表すことができる。

（３）

$$A_c = -\frac{1}{\tau} I_{mxm}$$

（４）

$$B_c = -A_c K_{[mxp]}$$

（５）

$$C_c = I_{mxm}$$

【００６０】

方程式（３）及び（５）では、変数Ｉは、ｍｘｍ恒等マトリクスである。方程式（４）では、変数K_{mxp}は、利得マトリクスを表すことができ、かつ次元ｍｘｐを有することができ、ｍは、場所（例えば、図３の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９、及び／又は図４の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７）の総数を表す変数である。変数ｐは、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７がガラス形成材料１０３のリボンに衝突する場所（例えば、図３から図４の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９）の総数を表すことができる。従って、モデル（例えば、方程式（１）及び（２）によって表される）は、以下のように、方程式（６）及び（７）によって表される時の標準的な離散化技術を使用して離散－時間空間形式に変換することができる。

（６）

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

（７）

$$y_m(k) = C_m x_m(k-\theta)$$

【００６１】

方程式（６）及び（７）では、変数ｋは、離散時間ステップである。一部の実施形態では、図４を参照すると、第１のリボン部分４０１が第２のリボン部分４０３から分離された後に第１のリボン部分４０１の厚みが厚みセンサ３０１によって測定される時に、離散時間ステップｋは、プロセスサイクル時間の結果とすることができる。例えば、期間（例えば、プロセスサイクル時間）は、ガラス形成材料１０３のリボンの場所でのレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７）の衝突と場所の厚み感知との間で経過する可能性がある（例えば、第１のリボン部分４０１の分離及び移送は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の衝突と厚み感知の間の時間に行われる場合がある）。一部の実施形態では、図３を参照すると、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みが分離前に厚みセンサ３０１によって測定される時の方が離散時間ステップが短い場合がある。例えば、離散時間ステップは、厚みセンサ３０１が、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、３６７がガラス形成材料１０３のリボンに衝突する場所に近接する場所３０３、３０５、３０７、又は３０９で（及びいずれかの分離の前に）厚みを感知することに起因して短くなる場合がある。

【００６２】

一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、例えば、図２で方向１５６に流れる溶融材料１２１の一貫しない流量、温度変動などのようなガラス形成材料１０３のリボンの厚みに影響を与える可能性がある外乱に対処することができる。これに加えて又はこれに代えて、一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の最大レーザ電力を超えないようにレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７のレーザ電力に関する制約に対処することができる。これらの外乱及びレーザ電力制約に対処するために、制御デバイス３２５は、モデル予想制御を備えることができる。モデル予想制御は、１又は２以上の制約、例えば、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７のレーザ電力を満足しながら、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みを制御することができる。一部の実施形態では、モデル予想制御は、将来へのガラス形成材料１０３のリボンの厚みを模擬し、レーザ装置３３５のアクション、例えば、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７のレーザ電力、及びレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７がガラス形成材料１０３リボンに衝突する場所を計算することができる。従って、モデル予想制御は、ガラス形成材料１０３のリボンのターゲット厚みプロファイルを達成し、外乱（例えば、図２の方向１５６に流れる溶融材料１２１の一貫しない流量、温度変動など）の可能性及び／又はレーザ電力に関する制約にも関わらずターゲット厚みプロファイルを維持することができる。一部の実施形態では、モデル予想制御は、時間遅延θ及び離散時間ステップｋに対処するために遅延補償スキーム、例えば、スミス予想器を備えることができる。例えば、制御デバイス３２５は、離散－時間空間方程式（６）及び（７）に基づいて無遅延モデル予想制御５０３を備えることができる。無遅延モデル予想制御５０３は、プロセスの将来挙動、例えば、将来へのある一定の時間でのガラス形成材料１０３のリボンの予想厚みを予想することができる。無遅延モデル予想制御５０３は、ガラス形成材料１０３のリボンの異なる場

所３０３、３０５、３０７、及び／又は３０９のターゲット厚み範囲を備えることができる設定値又は基準関数を受け入れることができる。一部の実施形態では、予想将来挙動に基づいて、無遅延モデル予想制御５０３は、レーザ装置３３５のアクション（例えば、レーザ電力、衝突場所など）を最適化することができる。無遅延モデル予想制御５０３は、以下のように方程式（８）及び（９）によって表すことができる。

（８）

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

（９）

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

【００６３】

一部の実施形態では、無遅延モデル予想制御５０３は、部分的には、将来への期間でのガラス形成材料１０３のリボンの場所３０３、３０５、３０７、又は３０９のターゲット厚みプロファイルを設定することによって設計することができる。一部の実施形態では、場所３０３、３０５、３０７、又は３０９のターゲット厚みプロファイルは、ターゲット厚みプロファイル３３１の一部として制御デバイス３２５に供給することができる。例えば、第１のターゲット厚み範囲は、第１の場所３０３に関して設定することができ、第２のターゲット厚み範囲は、第２の場所３０５に関して設定することができ、第３のターゲット厚み範囲は、第３の場所３０７に関して設定することができ、第４のターゲット厚み範囲は、第４の場所３０９に関して設定することができる。ターゲット厚み範囲は、以下の方程式（１０）では変数Ｓによって表すことができる。変数Ｓは、マトリクスＳの各行がターゲット厚み範囲の１つを備えるマトリクスを表すことができ、マトリクスＳの各列は、将来期間でのターゲット厚み範囲を備える。例えば、１つの行は、期間にわたる第１の場所３０３でのターゲット厚み範囲を備えることができ、１つの列は、第１の時間での第１の場所３０３でのターゲット厚み範囲を備え、隣接列は、第１の時間後のような第１の場所３０３での第２の時間でのターゲット厚み範囲を備える。これに加えて、方程式（１０）の変数Ｘは、感知された厚み（例えば、厚みセンサ３０１によって感知された時）のマトリクスを表すことができる。一部の実施形態では、変数Ｘは、マトリクスＸの各行が場所３０３、３０５、３０７、又は３０９のうちの１つで感知された厚みを備えることができるマトリクスを表すことができ、マトリクスＸの各列は、方程式（８）及び（９）に基づく将来期間での模擬の厚みを備えることができる。例えば、１つの行は、期間にわたる第１の場所３０３での感知された厚みを備えることができ、１つの列は、第１の時間での第１の場所３０３で感知された厚みを備え、隣接列は、第２の時間などでの第１の場所３０３で感知された厚みを備える。２次費用関数Ｊは、以下の方程式（１０）によって表すことができる。

（１０）

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

（１１）

$$f(U) \leq C$$

【００６４】

方程式（１０）では、変数Ｑ及び変数Ｒは、感知される厚み（例えば、マトリクスＸによって表される）が、それぞれターゲット厚み（例えば、マトリクスＳによって表される）及びレーザ電力作用力（例えば、マトリクスＵによって表される）と異なる時に、例え

ば、感知される厚みとターゲット厚みの間の偏差を不利にすることができる重み付けマトリクスを表している。例えば、変数Ｑは、感知された厚みとターゲット厚みの間の偏差を不利にし、一方、変数Ｒは、厚みをターゲット厚みに駆動するのに使用された電力の量を不利にする。方程式（１０）及び（１１）では、変数Ｕは、レーザ電力移動のセットを表すことができる。例えば、変数Ｕは、マトリクスを表すことができ、各行は、場所３０３、３０５、３０７、又は３０９のうちの１つでのレーザ電力を備えることができ、変数Ｕの各列は、将来期間でのレーザ電力を備えることができる（例えば、第１の列は、離散時間ステップｋでのレーザ電力を備えることができ、第２の列は、離散時間ステップｋ＋１などでのレーザ電力を備えることができる）。一部の実施形態では、方程式（１１）によって表されるように、変数Ｕは、例えば、レーザ装置３３５の約ゼロから最大レーザ電力定格までの範囲のレーザ電力（例えば、変数Ｕ）で２次費用関数Ｊを最小にするように選択することができる。方程式（１１）は、レーザに送出される電力の量に関する上下限を提供する。アルゴリズムは、方程式（８）、（９）、及び（１０）が満足されるようにＪを最小にするマトリクスＵを見つけるための最適化を実行することができる。従って、無遅延モデル予想制御５０３は、最大レーザ電力定格を超えず、定められた時間量以内で厚み変化率を引き起こすほどのものとすることができるレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７）の適したレーザ電力を決定することができる。従って、無遅延モデル予想制御５０３は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７が各離散時間ステップｋで印加されるレーザ電力及び場所を制御することができる。このようにして、一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、例えば、場所の対応する厚みがターゲット厚みを超える時に、厚み変化率とレーザ電力に対応する厚み及びターゲット厚み間の厚み差とを相関させる段階を備えることができる。例えば、方程式（１０）の重み付けマトリクス（例えば、Ｑ及びＲ）は、厚み差（例えば、感知された厚みとターゲット厚みの間の偏差）を不利にすることができ、変数Ｒは、レーザ電力作用力を不利にすることができ、一方、Ｕによって表されるレーザ電力移動は、将来に場所３０３、３０５、３０７、又は３０９で印加されるレーザ電力を備えることができる。一部の実施形態では、より大きい変数Ｒを選択することにより、アルゴリズムにサンプル時点ｋ毎に小さい方のレーザ電力移動を使用させることができる。一部の実施形態では、より大きい変数Ｒは、レーザ電力移動の大型化及び／又は高速化を避けるのに使用することができる。同様に、小さい方の変数Ｒを選択することにより、アルゴリズムにサンプル時点ｋ毎により大きいレーザ電力移動を使用させることができ、従って、ターゲット厚みを達成するためのレーザ電力移動の大型化及び／又は高速化が容易になる。厚み変化率は、方程式（１）及び（２）によって表すことができ、出力ｙは、測定された厚みの場所のベクトル、従って、入力ｕ（例えば、場所でレーザ電力によって印加されたレーザビーム）に応答する厚み変化率を表すことができる。

【００６５】

一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、無遅延モデル予想制御５０３に基づいてモデルシミュレーション５０５を実行することができる。例えば、モデルシミュレーション５０５は、無遅延モデル予想制御５０３に基づいてプロセス挙動を推定して方程式（８）の状態ベクトルを模擬することができる。一部の実施形態では、モデルシミュレーション５０５は、無遅延予想状態ベクトル５０６を生成することができ、無遅延予想状態ベクトル５０６は、ｘ（ｋ）によって表すことができる。無遅延予想状態ベクトル５０６は、将来に向けて１又は２以上の離散時間ステップｋに対する場所でのガラス形成材料１０３のリボンの予想厚みを表すことができる。一部の実施形態では、時間遅延（例えば、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の衝突後であるが、厚みが厚みセンサ３０１によって測定される前に行われる分離の結果として）に対処するために、無遅延予想状態ベクトル５０６（例えば、ｘ（ｋ））は、次に、遅延状態５１０（例えば、時間遅延θ）を生成するために時間遅延５０９、例えば、

$x_d(k-\theta)$

に従うことができる。一部の実施形態では、離散時間ｋで厚みセンサ３０１によって感知される実際厚み（例えば、測定された状態ベクトル）は、時間遅延５０７を含むプロセスによって表すことができ、時間遅延５０７は、時間遅延完全システム状態５０８（例えば、厚みセンサ３０１、時間遅延θ、及びあらゆる潜在的なプロセス外乱によって感知される実際厚みを含む）を生成することができる。時間遅延完全システム状態５０８（例えば、測定された状態ベクトル）は、

$x_m(k-\theta)$

によって表すことができる。一部の実施形態では、比較５１１は、５０７（例えば、

$x_m(k-\theta)$

）からの測定された状態ベクトル５０８と時間遅延５０９（例えば、

$x_d(k-\theta)$

）を備える予想状態ベクトル５１０との間で行うことができ、結果は、以下の方程式（１２）によって表される：

（１２）

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

【００６６】

得られる差

$x_e(k)$

は、遅延状態予想誤差であり、遅延状態予想誤差は、感知された厚み（例えば、厚みセンサ３０１からの）と予想厚みの間の差を表している。一部の実施形態では、誤差は、外乱（例えば、図２で方向１５６に流れる溶融材料１２１の一貫しない流量、温度変動など）又はモデルシミュレーション５０５内の欠点の結果である場合がある。５０９（例えば、

$x_d(k-\theta)$

）からの時間遅延を備える予想状態ベクトルが５０７（例えば、

$x_m(k-\theta)$

）からの測定された状態ベクトルに完全に適合した場合に、遅延状態予想誤差

$x_e(k)$

は、ゼロとすることができる。しかし、５０９（例えば、

$x_d(k-\theta)$

）からの時間遅延を備える予想状態ベクトルが５０７（例えば、

$x_m(k-\theta)$

）から測定された状態ベクトルと異なる場合に、遅延状態予想誤差

$x_e(k)$

は、非ゼロとすることができ、フィルタ５１３（例えば、特定の周波数範囲を除外する）によってフィルタリングすることができる。一部の実施形態では、フィルタ５１３は、フィルタリング後の遅延状態予想誤差５２１を生成することができ、フィルタリング後の遅延状態予想誤差５２１は、

$x_f(k)$

によって表すことができる。フィルタリング後の遅延状態予想誤差５２１は、補正状態ベクトル５２７を生成するために無遅延予想状態ベクトル５０６（例えば、
$x(k)$

に追加することすることができ、補正状態ベクトル５２７は、
$\bar{x}(k)$

によって表すことができる。補正状態ベクトル５２７は、無遅延モデル予想制御５０３によって受け入れることができるフィードバックを備えることができる。従って、無遅延モデル予想制御５０３は、設定値５０２及び補正状態ベクトル５２７を受け入れ、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みを設定値５０２により近くするようにレーザ装置３３５を調節することができる。

【００６７】

一部の実施形態では、図４の制御デバイス３２５は、ガラス形成材料１０３のリボンに対するレーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７の衝突と、第２のリボン部分４０３からの第１のリボン部分４０１の分離後の第１のリボン部分４０１の厚みの感知との間の比較的大きい時間遅延に起因して図５の制御スキームを備えることができる。例えば、図５の制御スキームは、スミス予想器を備えることができ、スミス予想器は、無遅延予想状態ベクトル５０６を生成するためのモデルシミュレーション５０５を組み込み、無遅延予想状態ベクトル５０６は、次に、時間遅延５０９を受けて測定状態ベクトル５０８と比較することができる。一部の実施形態では、時間遅延は、図４の時間遅延よりも小さい場合がある。例えば、図３を参照すると、厚みセンサ３０１が、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７がガラス形成材料１０３のリボンに衝突する場所に近接する場所で厚みを感知するように配置された時に（例えば、厚み感知及びレーザビームの衝突が、両方とも第１のリボン部分４０１を分離する前に行われる）、時間遅延は、最小又はほぼ０とすることができ、制御デバイス３２５は、スミス予想器を備えることができず、例えば、無遅延予想状態ベクトル５０６を生成するモデルシミュレーション５０５は、次に、時間遅延５０９を受ける場合がある。むしろ、一部の実施形態では、図３の制御デバイス３２５は、無遅延モデル予想制御５０３を備えることができる。

【００６８】

図６を参照すると、一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、ガラス形成材料１０３のリボンの加熱（例えば、粘性を低減して厚みを低減するための）又はガラス形成材料１０３のリボンの冷却（例えば、粘性を増大して場所での厚みを増大させるための）のうちの一方又は両方を制御することができる。例えば、一部の実施形態では、図６のガラス製造装置１００は、図３及び／又は図４のガラス製造装置１００といくつかの点で類似とすることができる。例えば、図６のガラス製造装置１００は、第１のリボン部分４０１を第２のリボン部分から分離する前にガラス形成材料１０３のリボンの厚みを測定することができる厚みセンサ３０１を備えることができる（例えば、図４に示すように）。一部の実施形態では、厚みセンサ３０１は、厚みプロファイル３２１を生成して厚みプロファイル３２１を制御デバイス３２５に通信回線３２７を通して送信することができる。制御デバイス３２５は、ターゲット厚みプロファイル３３１を受信することができ、厚みプロファイル３２１とターゲット厚みプロファイル３３１の間の比較に基づいて、制御デバイス３２５は、命令を調節装置６０１に送信することができる。

【００６９】

一部の実施形態では、調節装置６０１は、ガラス形成材料１０３のリボンを加熱及び／又は冷却する１又は２以上の構造を備えることができる。例えば、一部の実施形態では、調節装置６０１は、レーザ装置３３５を備えることができる。レーザ装置３３５は、レーザ発生器３３７及びビーム誘導装置３３９を備えることができる。一部の実施形態では、レーザ発生器３３７は、ガラス形成材料１０３のリボンの場所３０３、３０５、３０７、

又は３０９のうちの１つに向けて誘導することができるレーザビームを射出することができ、これは、場所３０３、３０５、３０７、又は３０９での粘性を低減することができる。一部の実施形態では、調節装置６０１は、冷却装置６０３を備えることができる。冷却装置６０３は、例えば、冷却チューブを備えることができ、１又は２以上の開口部が、冷却チューブの壁で形成される。冷却チューブは、中空とすることができ、冷却液、例えば、空気を受け入れることができる。冷却液は、冷却チューブの壁の１又は２以上の開口部を通って流れることができ、かつガラス形成材料１０３のリボン…に向けて誘導することができる。一部の実施形態では、冷却液をガラス形成材料１０３のリボンの場所３０３、３０５、３０７、又は３０９のうちの１つに向けて誘導することにより、冷却装置６０３は、場所３０３、３０５、３０７、又は３０９のうちの１つでの粘性を増大して厚みを増大させることができる。

【００７０】

一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、第１の場所３０３の第１の対応する厚みがターゲット厚みを超える複数の場所のうちの第１の場所３０３を識別する段階を備えることができる。例えば、第１の場所３０３の第１の対応する厚みは、厚みセンサ３０１によって測定することができ、制御デバイス３２５は、第１の対応する厚みをターゲット厚みプロファイル３３１からのターゲット厚みと比較することができる。第１の対応する厚みがターゲット厚みを超える場合に、一部の実施形態では、方法は、レーザビーム３５１及び／又は３６１をガラス形成材料１０３のリボンに向けて誘導し、第１の場所３０３での粘性を低減して第１の場所３０３でのターゲット厚みを達成する段階を備えることができる。一部の実施形態では、レーザビーム３５１及び／又は３６１を誘導する段階は、レーザビーム３５１及び／又は３６１を第１の堰２０３を超えて流れるガラス形成材料の第１のストリーム２４１、第２の堰２０４を超えて流れるガラス形成材料の第２のストリーム２４３、又は溶解リボン２４５のうちの１又は２以上に向けて誘導する段階を備えることができる。一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、第２の場所３０５の第２の対応する厚みがターゲット厚みよりも小さい複数の場所のうちの第２の場所３０５を識別する段階を備えることができる。例えば、第２の場所３０５での第２の対応する厚みは、厚みセンサ３０１によって測定することができ、制御デバイス３２５は、第２の対応する厚みをターゲット厚みプロファイル３３１からのターゲット厚みと比較することができる。第２の対応する厚みがターゲット厚みよりも小さい場合に、一部の実施形態では、冷却液６０５、６０７、６０９、６１１、６２１、６２３、６２５、及び／又は６２７をガラス形成材料１０３のリボンに向けて誘導し、特定の場所での粘性を増大してその場所でターゲット厚みを達成することができる。冷却液６０５、６０７、６０９、６１１、６２１、６２３、６２５、及び／又は６２７は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３。３６５、及び／又は３６７と同一のガラス形成材料１０３のリボンの場所に向けて誘導することができる。例えば、一部の実施形態では、冷却液６０５、６０７、６０９、及び／又は６１１は、溶解リボン２４５に向けて誘導することができるが、一部の実施形態では、冷却液６２１、６２３、６２５、及び／又は６２７は、第１の堰２０３を超えて流れるガラス形成材料の第１のストリーム２４１又は第２の堰２０４を超えて流れるガラス形成材料の第２のストリーム２４３のうちの一方又は両方に向けて誘導することができる。

【００７１】

一部の実施形態では、第２の場所３０５がターゲット厚みよりも小さい第２の対応する厚みを備えると識別された場合に、ガラスリボンを製造する方法は、冷却液６０７及び／又は６２３をガラス形成材料１０３のリボンに向けて誘導し、第２の場所３０５での粘性を増大して第２の場所３０５でのターゲット厚みを達成する段階を備えることができる。例えば、冷却液６０７を誘導する段階は、冷却液６０７及び／又は６２３を第１の堰２０３を超えて流れるガラス形成材料の第１のストリーム２４１、第２の堰２０４を超えて流れるガラス形成材料の第２のストリーム２４３、又は溶解リボン２４５のうちの１又は２以上に向けて誘導する段階を備えることができる。例えば、冷却液６２３は、第１の堰２

０３を超えて流れるガラス形成材料の第１のストリーム２４１又は第２の堰２０４を超えて流れるガラス形成材料の第２のストリーム２４３のうちの１又は２以上に向けて誘導することができ、一方、冷却液６０７は、溶解リボン２４５の第２の場所３０５に向けて誘導することができる。このようにして、制御デバイス３２５は、特定の場所の厚みがターゲット厚みを超えるか又は下回るかに基づいて、ガラス形成材料１０３のリボンの厚みの変化を引き起こすことができる。例えば、測定された厚みが特定の場所でのターゲット厚みを超える時に、制御デバイス３２５は、レーザビーム３５１、３５３、３５５、３５７、３６１、３６３、３６５、及び／又は３６７をガラス形成材料１０３のリボンに衝突させて粘性を低減することができ、その結果、厚みが低減されてその場所でのターゲット厚みが達成される。測定された厚みが特定の場所でのターゲット厚みよりも小さい時に、制御デバイス３２５は、冷却液６０５、６０７、６０９、６１１、６２１、６２３、６２５、及び／又は６２７をガラス形成材料１０３のリボンに衝突させて粘性を増大することができ、その結果、厚みが増大されてその場所でのターゲット厚みが達成される。

【００７２】

図７を参照すると、一部の実施形態では、制御デバイス３２５は、第２のリボン部分４０３から分離された第１のリボン部分４０１に基づいて、例えば、粘性を低減して厚みを低減するためのガラス形成材料１０３のリボンの加熱、又は例えば粘性を増大して場所での厚みを増大させるためのガラス形成材料１０３のリボンの冷却のうちの１又は２以上を制御することができる。例えば、一部の実施形態では、図７のガラス製造装置１００は、図３、図４、及び図６のガラス製造装置１００といくつかの点で類似とすることができる。例えば、図７のガラス製造装置１００は、第１のリボン部分４０１を第２のリボン部分４０３から分離した後で第１のリボン部分４０１の厚みを測定することができる厚みセンサ３０１を備えることができる。一部の実施形態では、厚みセンサ３０１は、厚みプロファイル３２１を生成して厚みプロファイル３２１を制御デバイス３２５に通信回線３２７を通して送信することができる。制御デバイス３２５は、ターゲット厚みプロファイル３３１を受信することができ、厚みプロファイル３２１とターゲット厚みプロファイル３３１の間の比較に基づいて、制御デバイス３２５は、命令を調節装置６０１に送信することができ、調節装置６０１は、レーザ装置３３５及び冷却装置６０３を備えることができる。

【００７３】

一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、複数の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９での予想厚みを備えるガラス形成材料１０３のリボンの予想厚みプロファイルを発生させる段階を備えることができる。例えば、一部の実施形態では、予想厚みプロファイルは、図５に示すモデル予想制御５０３を備えることができる。モデル予想制御５０３は、将来に向けてプロセスの将来挙動、例えば、特定の時間での複数の場所３０３、３０５、３０７、又は３０９でのガラス形成材料１０３のリボンの予想厚みプロファイルを予想することができる。一部の実施形態では、第１の場所（例えば、第１の場所の対応する厚みがターゲット厚みを超える）を識別する段階は、予想厚みプロファイルを複数の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７での感知された厚みと比較する段階を備えることができる。例えば、図５を参照すると、比較５１１は、予想状態ベクトル５１０と測定状態ベクトル５０８との間で行うことができ、予想状態ベクトル５１０は、モデル予想制御５０３から取得することができ、測定状態ベクトル５０８は、厚みセンサ３０１によって複数の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７で感知された厚みを備えることができる。比較に基づいて、差が存在する場合に、差は、フィルタリングされた遅延状態予想誤差５２１によって表すことができる。一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、予想厚みプロファイルと複数の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７で感知された厚みとの間の比較に基づいて、第２のリボン部分４０３の第２の厚みプロファイルを発生させる段階を備えることができる。例えば、図５に示すように、フィルタリングされた遅延状態予想誤差５２１は、補正状態ベクトル５２７を生成するために無遅延予想状態ベクトル５０６に追加することができる。補正状態ベクトル５２７は、モデル予想制御５０３に送信することができ、その時点で、モデル予想制御５０３は、補正状態ベクトル

５２７に基づいて更新することができ、その結果、第２の厚みプロファイルが生成される。一部の実施形態では、第２の厚みプロファイルは、更新された厚みプロファイル（例えば、初期予想厚みプロファイル後に）を備えることができ、制御デバイス３２５は、第２の厚みプロファイルに基づいて制御命令を調節装置６０１に送出することができる。

【００７４】

一部の実施形態では、調節装置６０１に制御デバイス３２５によって送出することができる制御命令は、第２のリボン部分４０３を加熱及び／又は冷却する命令を備えることができる。例えば、一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、第３の場所の第３の対応する厚みがターゲット厚みよりも小さい複数の場所４１１、４１３、４１５、又は４１７のうちの第３の場所４１５を識別する段階を備えることができる。一部の実施形態では、ガラスリボンを製造する方法は、冷却液、例えば、第３の冷却液６１５及び／又は６２５を第１のリボン部分４０１の第３の場所４１５に対応する第２のリボン部分４０３の第４の場所３０９に向けて誘導し、第４の場所３０９での粘性を増大して第４の場所３０９でのターゲット厚みを達成する段階を備えることができる。

【００７５】

ガラス形成材料１０３のリボンの厚みを厚みセンサ３０１で感知することにより、厚みプロファイルを発生させて制御デバイス３２５に送信することができる。制御デバイス３２５は、感知された厚みプロファイルをターゲット厚みプロファイル及び／又は予想厚みプロファイルと比較してガラス形成材料１０３のリボンの場所での加熱（例えば、レーザ装置３３５を通じた）及び／又は冷却（例えば、冷却装置６０３を通じた）を引き起こし、その場所での厚みを調節することができる。一部の実施形態では、例えば、図３及び図６に示すように、制御デバイス３２５は、厚みが厚みセンサ３０１によって感知される場所とガラス形成材料１０３のリボンの加熱及び／又は冷却が行われる場所との近接性に起因して厚みのリアルタイム制御を備えることができる。これに加えて又はこれに代えて、一部の実施形態では、図４及び図７に示すように、制御デバイス３２５は、第１のリボン部分４０１の厚みが厚みセンサ３０１によって感知される前に第１のリボン部分４０１の分離によって引き起こされる時間遅延に対処することができる。一部の実施形態では、図５に示すように、制御デバイス３２５は、レーザ装置３３５（及び／又は冷却装置６０３）の電力、時間遅延、入力に基づく場所及び周囲の場所での厚み変化などに基づいて厚み応答を予想することができる予想厚みプロファイルを発生させることにより、レーザ装置３３５（及び／又は冷却装置６０３）の影響をモデル化することができる。従って、図５の制御スキームは、より正確な厚み制御を提供することができる。

【００７６】

様々な実施形態をそのある一定の例示的かつ特定の例に関して詳細に説明したが、本発明の開示は、開示した特徴の多くの修正及び組合せが以下の特許請求の範囲から逸脱することなく可能であるので、そのようなものに限定されるように見なすべきではないことを理解しなければならない。

【符号の説明】

【００７７】

１００　ガラス製造装置
１４０　形成容器
１５４　進行方向
２１５　ガラス形成材料リボンの第１の主面
３０１　厚みセンサ

【図面】

【図１】

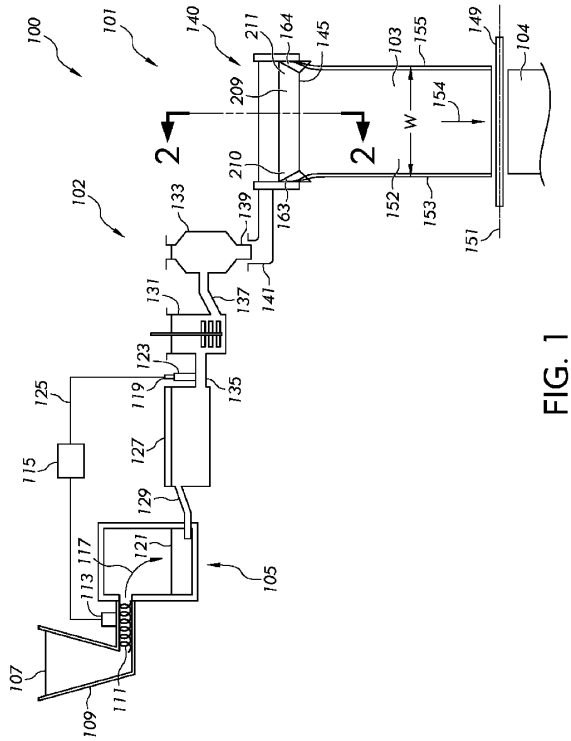


FIG. 1

【図２】

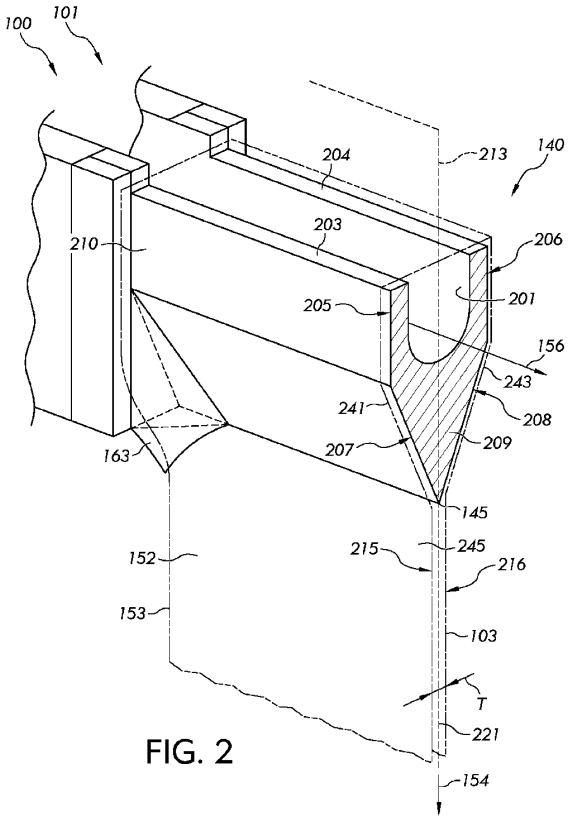


FIG. 2

【図３】

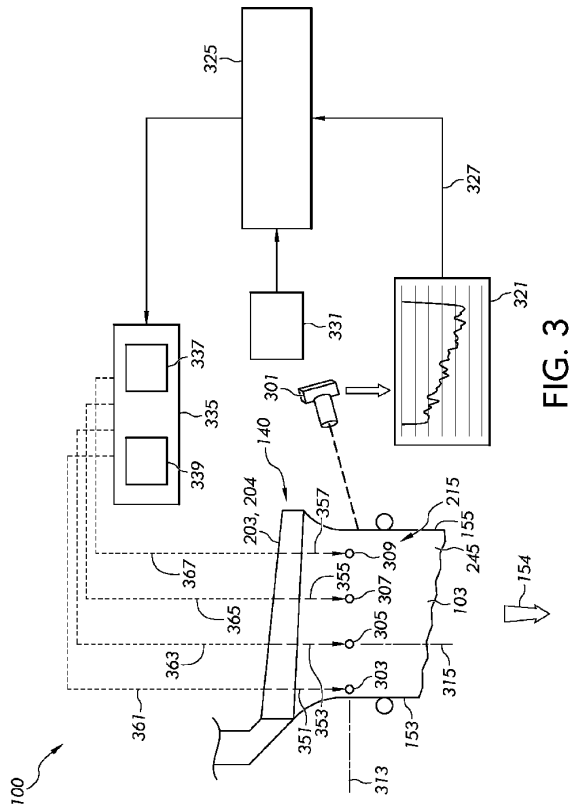


FIG. 3

【図４】

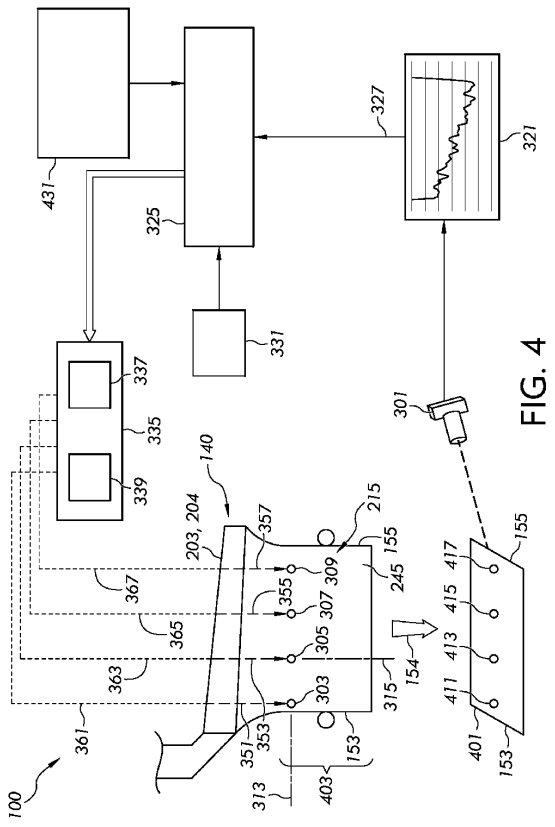


FIG. 4

【図５】

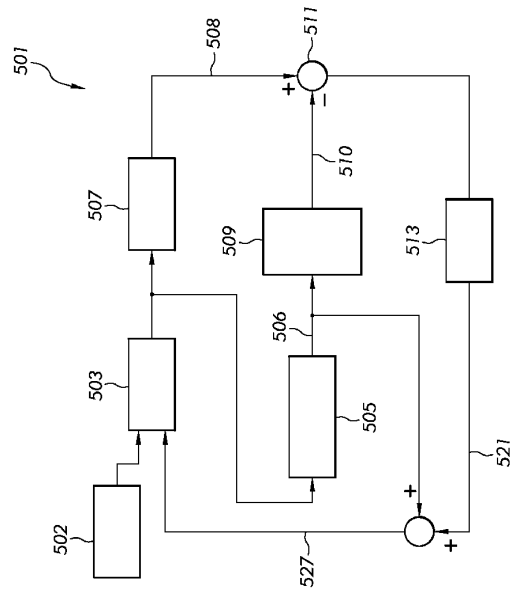


FIG. 5

【図６】

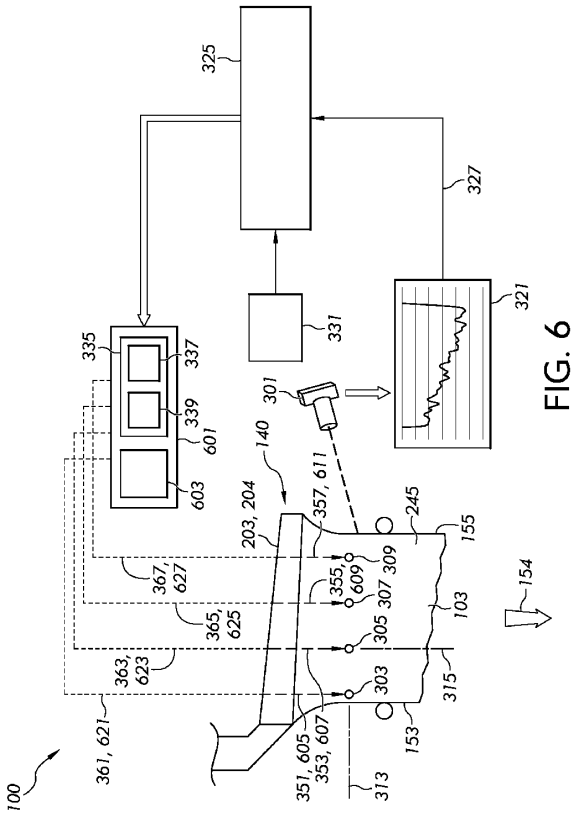


FIG. 6

【図７】

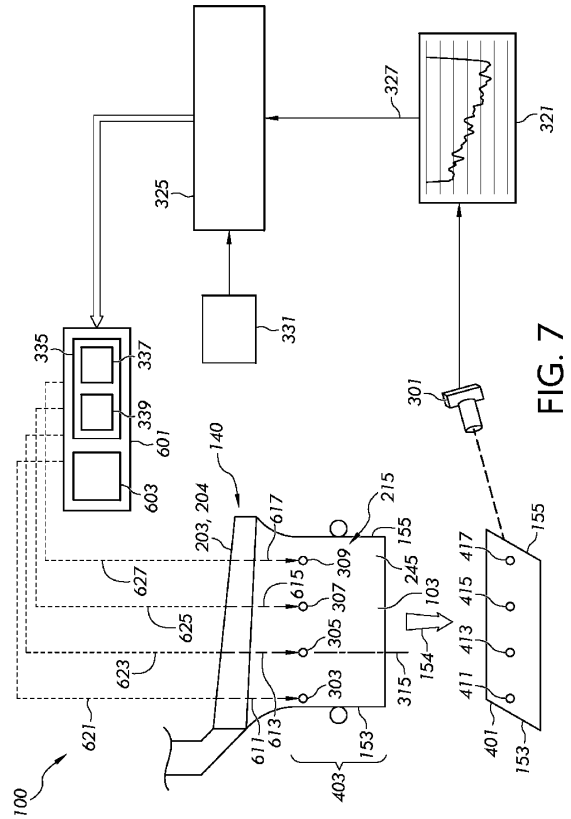


FIG. 7

フロントページの続き

(74)代理人　100144451
弁理士　鈴木 博子
(74)代理人　100170634
弁理士　山本 航介
(72)発明者　アーレンス ジェフリー ハワード
アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 ２８０３６ デイヴィッドソン レヴィット レーン １６４３６
(72)発明者　ホンクペヴィ フランク オリヴィエ
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 １４８７０ ペインティド ポスト ウッズ エッジ ドライブ １７４
(72)発明者　ルブラン フィリップ ロバート
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 １４８３０ コーニング ウェスト フォース ストリート ２９
(72)発明者　マッキントッシュ ロバート アーサー
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 １４８７０ ペインティド ポスト ウェスト ヒル ロード ３９２２

審査官　山本 佳
(56)参考文献　特開２０１７－１３７２３７（ＪＰ，Ａ）
特表２０１３－５２８１４８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２６９９９７（ＪＰ，Ａ）
特公昭４６－００２５８９（ＪＰ，Ｂ１）
特開２０１８－１９７１８５（ＪＰ，Ａ）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０３Ｂ　１７／０６