

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5563562号
(P5563562)

(45) 発行日 平成26年7月30日 (2014. 7. 30)

(24) 登録日 平成26年6月20日 (2014. 6. 20)

(51) Int. Cl.

F I

C O 3 B 33/09 (2006. 01)

C O 3 B 33/09

B 2 3 K 26/06 (2014. 01)

B 2 3 K 26/06

B 2 3 K 26/073 (2006. 01)

B 2 3 K 26/073

B 2 3 K 26/38 (2014. 01)

B 2 3 K 26/38

B 2 3 K 26/40 (2014. 01)

B 2 3 K 26/40

請求項の数 8 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-511598 (P2011-511598)
 (86) (22) 出願日 平成21年5月14日 (2009. 5. 14)
 (65) 公表番号 特表2011-522769 (P2011-522769A)
 (43) 公表日 平成23年8月4日 (2011. 8. 4)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/002988
 (87) 国際公開番号 W02009/151527
 (87) 国際公開日 平成21年12月17日 (2009. 12. 17)
 審査請求日 平成24年4月11日 (2012. 4. 11)
 (31) 優先権主張番号 61/128, 949
 (32) 優先日 平成20年5月27日 (2008. 5. 27)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 12/220, 948
 (32) 優先日 平成20年7月30日 (2008. 7. 30)
 (33) 優先権主張国 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 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (72) 発明者 アブラモフ, アナトリー エイ
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
 70 ペインテッド ポスト ティンバー
 レーン 27

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非平坦材料の罫書き

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザから出力を受け取る入力部と、前記出力を、ビームウエストを有している細長いレーザビームに集束させるビーム形成光学部品とを備えている光ヘッドであって、前記ビームウエストが中心を有し、前記細長いレーザビームが、前記ビームウエストの前記中心に対して相対的に ± 5 mm を超える拡張焦点深度を有し、該細長いレーザビームが、前記拡張焦点深度全域に亘って、該拡張焦点深度の範囲内にその一部が配置されている材料に罫書きするのに十分な出力密度を有している、光ヘッド、および、

前記光ヘッドと連結され、該光ヘッドに前記出力を提供するレーザ、
 を備えていることを特徴とするシステム。

【請求項 2】

前記レーザと前記光ヘッドとの間に配置されたビーム拡大器をさらに備え、該ビーム拡大器が、前記レーザから前記出力を受け取って、該レーザからの出力を、ウエストおよび中心を有している拡大されたレーザビームに拡大し、そして該拡大されたレーザビームを前記光ヘッドに伝送するものであり、さらに、前記ビーム拡大器が固定された位置にあり、かつ前記光ヘッドが前記ビーム拡大器に対して動くフライング光ヘッドであり、

前記フライング光ヘッドが 0.5 m から 6 m の浮動距離を有し、さらに、前記ビーム拡大器が、前記拡大されたレーザビームの前記ウエストの前記中心を前記浮動距離の略中心に投影するように構成されていることを特徴とする、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 3】

前記拡張焦点深度が最大で $\pm 20\text{ mm}$ であり、さらに、前記細長いレーザビームがビーム長およびビーム幅を有し、前記拡張焦点深度の範囲に亘る、前記ビーム幅の変動が $\pm 5\%$ 未満でありかつ前記ビーム長の変動が $\pm 2\%$ 未満であることを特徴とする、請求項1記載のシステム。

【請求項4】

前記拡張焦点深度全域に亘る前記出力密度の変動が 5% 以下であることを特徴とする請求項3記載のシステム。

【請求項5】

平坦なガラスシートを製造するプロセスにおいて、

ガラス製造装置でガラスを製造する工程、および、

前記ガラスに罫書きしかつガラスシートに分割することにより、前記ガラスから平坦なガラスシートを分割する工程であって、前記ガラスが製造されるときに該ガラスに罫書きするよう位置付けられた罫書き装置でレーザビームを生成することにより、罫書きを実行する工程、

を含み、前記罫書き装置が、

レーザと、

該レーザからレーザビームを受け取るように位置付けられ、かつ該レーザビームを、中心を備えたウエストを有している拡大されたレーザビームに拡大する、ビーム拡大器と、

前記拡大されたレーザビームを受け取るように位置付けられ、中心を有する浮動距離に亘り前記ビーム拡大器に対して可動である、フライング光ヘッドと、を備え、

前記ビーム拡大器が、前記拡大されたレーザビームの前記ウエストの前記中心が前記浮動距離の略前記中心となるように、前記拡大されたレーザビームを形成するものであり、

前記フライング光ヘッドが、前記拡大されたレーザビームを、中心を備えたビームウエストを有している細長いレーザビームに変化させるように構成され、該細長いレーザビームが、該細長いレーザビームの前記ウエストの前記中心に対して相対的に $\pm 5\text{ mm}$ を超える拡張焦点深度を有し、該細長いレーザビームが、前記拡張焦点深度全域に亘って、前記ガラスに罫書きするのに十分な出力密度を有しているものであり、

さらに、前記ガラス製造装置および前記罫書き装置が、該ガラス製造装置によって製造されるガラスの一部が前記拡張焦点深度の範囲内に配置されるように互いに対して配置されていることを特徴とする、平坦ガラスシート製造プロセス。

【請求項6】

前記罫書き装置が、前記レーザと前記光ヘッドとの間に配置されたビーム拡大器をさらに備え、該ビーム拡大器が、前記レーザから前記出力を受け取って、該レーザからの出力を、ウエストおよび中心を有している拡大されたレーザビームに拡大し、そして該拡大されたレーザビームを前記光ヘッドに伝送するものであり、さらに、前記ビーム拡大器が固定された位置にあり、かつ前記光ヘッドが前記ビーム拡大器に対して動くフライング光ヘッドであり、

前記フライング光ヘッドが 0.5 m から 6 m の浮動距離を有し、さらに、前記ビーム拡大器が、前記拡大されたレーザビームの前記ウエストの前記中心を前記浮動距離の略中心に投影するように構成されていることを特徴とする、請求項5記載のプロセス。

【請求項7】

前記拡張焦点深度が最大で $\pm 20\text{ mm}$ であり、さらに、前記細長いレーザビームがビーム長およびビーム幅を有し、前記拡張焦点深度の範囲に亘る、前記ビーム幅の変動が $\pm 5\%$ 未満でありかつ前記ビーム長の変動が $\pm 2\%$ 未満であることを特徴とする、請求項5記載のプロセス。

【請求項8】

前記拡張焦点深度全域に亘る前記出力密度の変動が 5% 以下であることを特徴とする請

10

20

30

40

50

求項 7 記載のプロセス。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の説明】

【0001】

本出願は、その内容が引用されその全体が参照により本書に組み込まれる、2008年5月27日に出願された米国仮特許出願第61/128949号、および2008年7月30日に出願された米国特許出願第12/220948号の利益と優先権を主張するものである。

【技術分野】

【0002】

本書で説明する実施形態は、非平坦材料の罫書きに関し、より具体的には、大型の非平坦ガラスのレーザ罫書きに関する。

【背景技術】

【0003】

これまでガラスシートの分割には、いくつかのさまざまな方法および技術が用いられてきた。広く使われている方法として、ガラスシートを罫書きおよび/または分割するためにレーザを使用するものが挙げられる。ガラスシートを横切るようにレーザビームを移動させてガラスシートの表面上に温度勾配を生成し、レーザビームの後にいくらか間を空けて続く冷却剤（ガスまたは液体など）でこの温度勾配を増大させる。具体的には、レーザでガラスシートを加熱しかつ冷却剤でガラスシートを冷却すると、ガラスシート内に応力が生成される。この手法では、罫書き線がガラスシートに沿って生成される。この罫書き線に沿ってガラスシートを分割することにより、ガラスシートを2つのより小さなシートに分けることができる。

【0004】

特にフラットパネルディスプレイ（LCDなど）の製造で用いられるガラスシートにレーザで罫書きするシステムおよび方法を発展させるため、これまでに相当な努力がなされてきた。ガラス用のレーザ罫書きプロセスでは、一般にガラスの加熱に波長約10.6 μ mのCO₂レーザ放射が使用され、その後熱衝撃によって過渡引張応力を生成するため急速冷却が使用されるが、このとき他のレーザを使用することもできる。一貫したレーザ罫書きを実行するためには、レーザビームが特定の形状を有しかつこれをガラス表面上で集束またはデフォーカスさせて、ガラスに一定のレーザ出力を最小限の変動で送出するべきである。ガラス表面上でのビームのサイズ（長さおよび幅）、その形状および対応する出力密度は、全罫書きプロセスの間、罫書き線に沿って実質的に一定であるべきである。前述したことが意味するのは、従来ガラス表面とレーザ形成レンズとの間の距離は正確に保持する必要があったということであり、あるいは、言い換えれば、ガラスの罫書きの目的のために使用される典型的な光学部品に対して、ガラスシートを約1mmほどの短い範囲内で位置付ける必要があるということである。さらに、フライング光学部品を罫書きに利用するとき（光学部品がガラスに対して動くとき）には、ガラス上のビームスポットサイズは罫書きの全長に亘って実質的に不変であるべきである。

【0005】

これらの課題を解決するためのこれまでの試みは、ガラスシートを平坦にする工程を含むものであり、例えばガラスシートを平坦な水平の台の上に置き（または台に載せて動かし）、かつガラス上方のある一定の距離で光学部品（時々レーザを含む）を固定するまたは移動させるものがあった。これはガラスの罫書きに1つの解決策を提供するが、他の課題が存在する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

例えば、ガラスシートは自然な形を有して平坦ではない可能性があり、または、モーションシステムおよび装置設計が、ガラスと光学部品との間で必要とされる距離を維持

10

20

30

40

50

するための十分な確度を提供できない可能性があり、あるいは、特に装置構造が十分に剛性または重量のあるものではない場合、システムが振動に影響され、ガラス上のビームスポットサイズが浮動距離に亘って著しく変化する可能性がある。これらの変化は全て、ガラスサイズが大型の場合より深刻になる。さらに、罫書きプロセス中にビームスポットサイズを維持しようと試みて他に問題が生じるのは、例えば、延伸中ガラスシートが鉛直に配置されて、曲がったり（例えば5～20mm）、厚さが変化したり、または延伸プロセス中にガラスが名目上の位置から光学部品に対して相対的にランダムに動いたりする可能性があるときである。このことに対する1つの可能性のある解決策は制御に適応光学を用いるものであり、これはガラスまでの距離を測定し、それに応じて光学部品をガラスに向かってまたはガラスから離すように動かして必要な距離を維持する。しかしながら、この手法は技術的に複雑であり高価でもある。

10

【0007】

すなわち、上述したような当技術における課題を解決する方法が必要である。

【課題を解決するための手段】

【0008】

レーザおよび光学系からなる非平坦材料用罫書きシステム、およびその使用方法の実施形態を本書で説明する。

【0009】

本書では光学系の実施形態について説明するが、この実施形態は、さまざまな形状を有するまたは厚さが変化し得る非平坦ガラスシートの罫書きに使用することができ、またガラス表面とビーム形成レンズとの間の距離の著しい変化を許容できるものである。一実施の形態において、本光学系が生成するレーザビームは、出力密度が略一定の細長い焦点深度（すなわち、ビームウエストの中心に対して約±5mmを超える）を有し、これによりレーザ罫書きプロセスは、光学系に対するガラスシートの位置にはるかに敏感ではなくなる。

20

【0010】

別の態様が具現化するビーム送出系はフライング光ヘッドを含み、このフライング光ヘッドは、非平坦ガラスに罫書きする能力に加え、ガラス上のビームサイズおよびこれに対応する出力密度を実質的に変化させることなく、拡張された浮動距離を達成することができる。例えば、一態様においては、ビームのサイズ、形状、および対応するその出力密度を実質的に変化させることなく、最大6mの拡張された浮動距離を得ることができる。

30

【0011】

種々の態様において、本書で説明される実施形態を使用することが可能であり、特に、延伸中のレーザ罫書きプロセス；弓形または他の形状を有する非平坦ガラスの罫書き；光学系からの距離が変化し得る、動いているガラスに適応光学を用いずに罫書きすること；ビーム形成光学部品に対する実際のガラス表面の位置の感受性をより低下させたレーザ罫書き；マシンフレーム、線形スライド、およびアクチュエータなどの位置合わせ公差および確度要件を単純化してシステム全体のコスト削減にも貢献すること；鉛直に配置されたガラスシートのレーザ罫書き；および、厚さが変化し得るガラスの罫書きのために使用することができる。

40

【0012】

本発明のさらなる実施形態は、一部は詳細な説明および以下の任意の請求項の中で明記され、そして一部は詳細な説明から導かれるであろうし、あるいは本発明を実施することにより理解できるであろう。前述の一般的な説明および以下の詳細な説明は、単なる例示かつ説明のためのものであり、開示および/または請求される本発明を制限するものではないことを理解されたい。

【0013】

添付の図面は、本明細書に組み込まれその一部を構成するものであり、実施形態を図示して、その説明とともに、開示される方法およびシステムの原理を説明する働きをする。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 4 】

【図 1】ガラスの罫書きおよび分割プロセスを示す例示的な概略図

【図 2】レーザ罫書きシステムを示す例示的な概略図

【図 3】例示的な光学系を示す概略図

【図 4】別の例示的な光学系を示す概略図

【図 5】図 3 および 4 に記した光学系により生成し得る例示的な細長いレーザビームの長さを示す概略図

【図 6】図 3 および 4 に記した光学系により生成し得る例示的な細長いレーザビームの幅を示す概略図

【図 7】直径 1 4 mm のビームウエストを有しているレーザビームについて、ビーム拡大器からの距離の関数としてレーザビームの直径を示す、計算によるグラフ

10

【図 8】直径 2 0 mm のビームウエストを有しているレーザビームについて、ビーム拡大器からの距離の関数としてレーザビームの直径を示す、計算によるグラフであり、浮動距離が 6 m の場合でもビームサイズの変動は約 3 % 未満であることを示しているグラフ

【図 9】ビーム幅 1 mm の例示的な細長いビームについて、ビームウエスト中心からのガラス表面の変位の関数としてビーム幅の変動を示すグラフ

【図 1 0】ビーム幅 1 . 5 mm の例示的な細長いビームについて、ビームウエスト中心からのガラス表面の変位の関数としてビーム幅の変動を示すグラフ

【図 1 1】ガラスとレンズ f_{3w} との間の距離 d_{3w} の変化（例えば、ガラスの曲がりや、ガラス厚の変化や、または例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置から光学部品に対して相対的にガラスが動くこと、に起因するものなど）、および、 d_{3w} が約 1 2 0 0 mm に初期設定された図 4 に示したような光学系の浮動距離 d_2 、の関数として、ガラス表面上のビームサイズ（幅）を示す計算によるグラフ

20

【図 1 2】ガラスとレンズ f_{3l} との間の距離 d_{3l} の変化（例えば、ガラスの曲がりや、ガラス厚の変化や、または例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置から光学部品に対して相対的にガラスが動くこと、に起因するものなど）、および、 d_{3l} が約 1 0 0 0 mm に初期設定された図 4 に示したような光学系の浮動距離 d_2 、の関数として、ガラス表面上のビームサイズ（長さ）を示す計算によるグラフ

30

【図 1 3】ガラスとレンズ f_{3w} との間の距離 d_{3w} の変化（例えば、ガラスの曲がりや、ガラス厚の変化や、または例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置から光学部品に対して相対的にガラスが動くこと、に起因するものなど）、および、 d_{3w} が約 8 0 0 mm に初期設定された図 3 に示したような光学系の浮動距離 d_2 、の関数として、ガラス表面上のビームサイズ（幅）を示すグラフ

【図 1 4】ガラスとレンズ f_{3l} との間の距離 d_{3l} の変化（例えば、ガラスの曲がりや、ガラス厚の変化や、または例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置から光学部品に対して相対的にガラスが動くこと、に起因するものなど）、および、 d_{3l} が約 1 0 0 0 mm に初期設定された図 3 に示したような光学系の浮動距離 d_2 、の関数として、ガラス表面上のビームサイズ（長さ）を示すグラフ

40

【図 1 5】例示的なガラス製造プロセスに組み込まれたレーザ罫書きシステムの実施形態を示す概略図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下の本発明の説明は、本発明の実現可能な教示として、現在知られているその最良の実施形態で提供される。このため、関連技術の当業者は、本発明の有益な成果を依然として得ながら、本書で説明する本発明の種々の実施形態に多くの変更を加えることができることを認識および理解するであろう。本発明の望ましい利益の中には、本発明のいくつかの特徴を選択することで他の特徴を用いることなく得ることができるものがあることもま

50

た明らかになるであろう。したがって、本発明に対する多くの改変および改作が可能であり、特定の状況では望ましくさえあり、さらに本発明の一部であることを当業者は認識するであろう。

【0016】

本書において、文脈上明らかに他に指示している場合を除き、単数形は複数の指示対象を含むものとする。すなわち、例えば、ガラスシートに言及したときには、文脈上明らかに他に指示していなければ、2以上のこのガラスシートを有する実施形態を含む。

【0017】

範囲について本書では、「約」ある特定値から、および/または、「約」別の特定値までと表現されることがある。このように範囲が表現されるときには、別の実施形態が、そのある特定値からおよび/または他方の特定値まで、を含む。同様に、値が「約」という先行詞を用いて近似値で表現されるときには、その特定値は別の実施形態を形成することを理解されたい。各範囲の端点は、他方の端点との関連においても、そして他方の端点と切り離しても重要であることをさらに理解されたい。

【0018】

本書では、「例示的」とは「一例」であることを意味し、理想的または好ましい実施形態を伝えることを意図したものではない。

【0019】

ここで、レーザと、調整可能なビーム拡大器と、光ヘッドとを含む、レーザ罫書きシステムの実施形態について説明する。光ヘッドは、レーザおよびビーム拡大器からの出力を受け取り、そしてこの出力を集束させて、ビームウエストおよびこのビームウエストに関連する拡張された焦点深度を有しこの拡張焦点深度の範囲内に一部が位置している材料に罫書きするのに十分な出力密度を備えた、細長いレーザビームを作り出すように構成される。一態様において罫書きされる材料はガラスであり、ガラスの罫書きは、通常の当業者には既知であるように、レーザビームの移動と続いて施される局部冷却とにより生じる熱衝撃で分子結合を破壊することによって不完全な(partial)亀裂を作り出すものである。罫書きプロセスの後、機械的に分割を行ってもよいし、あるいは、例えばレーザ罫書きプロセス後の分割を実行する違った構造の別のレーザビームなど、他の手段で材料を分割してもよい。

【0020】

図1は、ガラス1000への罫書きおよび分割に使用し得るプロセスの例示的な概略図を示したものである。図1において、亀裂の開始1002はさまざまな手法で実行することができ、例えば、レーザパルスによるものや、あるいは機械的には、スクライバ、罫書きホイール、圧子などの機械的工具を用いることによる手法によって、ガラス1000に初期の割れ目(傷)を生成することができる。ガラス1000の罫書きはガラスの表面上に投影された細長いレーザビーム1004によって行われ、この後に局部冷却1006が続く。レーザビーム1004はガラス表面上の初期の割れ目(傷)1002上を通過し、こうして細長いレーザビーム1004が移動する方向に、ガラス1000を横切る途中までの溝(partial vent)を生成し伝搬させる。亀裂を伸展させる、すなわちガラス1000の本体を完全に分割するプロセスは第2のレーザビームを用いて行うことができるし、あるいは、機械的分割を用いてガラス1000を分割することもできる。ガラス1000に罫書きしこれを分割する際には、ガラス1000を罫書き/分割デバイスに対して動かしてもよいし、または罫書き/分割デバイスをガラス1000に対して動かしてもよいし、あるいはガラス1000と罫書き/分割デバイスの両方を動かしてもよい。

【0021】

本書の実施形態で説明されたように、例えば図1に示したようなレーザビーム1004が、ガラスなどの材料の表面上に向けられる。レーザビーム1004は実質的に一定のサイズおよび形状であり、このサイズおよび形状は、静止しているレーザおよび静止しているビーム拡大器に対する光ヘッドの浮動距離に左右されず、また、ガラスとビーム形成レンズとの間の相対距離に実質的に敏感ではない。本光学系の実施形態においては、ビーム

10

20

30

40

50

拡大器の後に 6 m 以上までの（光ヘッドの）浮動距離を提供することによって、大型のガラスのレーザ処理が可能となる。浮動距離の中心（言い換えれば、ビーム拡大器後の円形ビームのビームウエスト位置）は、ビーム拡大器によって調整することができる。さらに、本書で説明する光学系の実施形態は、この光学系に対するガラス表面位置の変動に本質的に略鈍感なレーザビーム出力を生成し、ガラスの形状にかかわらず、そのガラス表面に実質的に一定のビームエネルギーを送出するように構成されている。一態様において、この光学設計はガラス表面上で長さと幅を有する実質的に一貫した細長いビームサイズを提供し、このビーム幅の変動は、4 m までのフライング光ヘッドの浮動距離の範囲内で、ガラスの曲がりや、ガラス厚の変化や、または例えば成形プロセス中にガラスが少なくとも 20 mm までの振幅でランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置からフライング光ヘッドの光学部品に対して相対的にガラスが動くこととは関係なく、 $\pm 5\%$ 未満である。

【0022】

図 2 は、図 1 に示したような罫書きビーム 1004 の生成に用いることができるレーザ罫書きシステムの例示的な実施形態である。図 2 の実施形態に示されているように、この例示的なシステムはビーム拡大器 104 を伴ったレーザ 102 と光ヘッドとを含む。この例において、レーザ 102 およびビーム拡大器 104 は静止位置に固定され、光ヘッドは、固定されたレーザ 102 またはビーム拡大器 104 に対して動く、フライング光ヘッド 106 である。固定されたレーザ 102 またはビーム拡大器 104 と関連してフライング光ヘッド 106 が移動できる距離は浮動距離 108 である。フライング光ヘッド 106 は、ビーム形成光学部品 110 から成り、さらに回転ミラー 112 を含み得、このミラーによってビームを罫書き表面に向ける。このシステムは、鉛直配向または水平配向のガラスシート 114（または他の材料）を処理することができる。罫書きビームはビームウエストおよび拡張焦点深度 116 を有し、ビームウエスト付近の出力密度は、実質的に焦点深度 116 のどの位置でも罫書きビームがガラス 114 を罫書きできるようなものである。一態様においては、拡張焦点深度 116 によって、材料 114 の表面とフライング光ヘッド 106 との間の距離が変動する非平坦材料（ガラスなど）の罫書きが可能になる。こういった変動は、例えば、材料の曲がり、厚さの変化、および/または材料の動きによって生じる可能性がある。例えば、一態様においては、ガラスの罫書きに十分な出力密度を有する拡張焦点深度を、ビームウエストの中心から $\pm 5\text{ mm}$ を超えるものとすることができる。他の態様においては、ガラスの罫書きに十分な出力密度を有する拡張焦点深度を、ビームウエストの中心から $\pm 10\text{ mm}$ を超えるもの、 $\pm 25\text{ mm}$ を超えるもの、 $\pm 50\text{ mm}$ を超えるもの、またはそれ以上とすることができる。焦点深度全域に亘る出力密度は、レーザ罫書きシステムの光学系その他、用いられるレーザの種類に関連する。出力密度は罫書きビームの断面積に反比例する。そのため、罫書きビームのビームウエスト中心からの距離が増すにつれて出力密度は減少する。種類の異なるガラスを含め、違った材料の罫書きには異なる出力密度が必要になることがある。

【0023】

1 つの例示的な用途において、本光学系の実施形態は波長 $10.6\text{ }\mu\text{m}$ で動作する二酸化炭素 (CO_2) レーザの使用を想定したビーム伝搬分析から作られたものであるが、ここで開示される原理は、通常の当業者には周知のように、 CO および Nd:YAG レーザを含むさまざまな種類のレーザを用いるさまざまな用途に拡大させて適用することができる。一態様において、本光学系はガウシアンビーム伝搬の薄レンズによる近軸近似に基づいて分析することができ、ここから設計のトレードオフや制限を導くことができる。薄レンズモデルで使用された光学パラメータは ZEMAX (ZEMAX Development Corporation, Bellevue, Washington) などの光学設計ソフトウェアを用いてさらに正確なものにすることができ、これからレンズ処方を作ることができる。レンズセットを設計してさまざまなビームサイズを作り出すことができ、これが異なる種類のガラスに対する異なる罫書き速度での一貫したレーザ罫書きプロセスを可能にする。

【0024】

図2のビーム送出系の静止部分は、レーザ102およびビーム拡大器104を含み、フライング光ヘッド106に入る前に浮動距離108の全域に亘って実質的に一定のレーザビーム特性を維持するものとするように設計されている。一般に、これは能動的補償または受動的光学設計によって成し遂げることができる。

【0025】

一実施の形態においては、能動的補償を用いて、実質的に一定のレーザビーム特性を浮動距離全域に亘って維持することができる。「トロンボーン方式」のスライド式光学としても知られる能動的補償では、フライング光ヘッド106の動きに同期する光遅延線をレーザ102とフライング光ヘッド106との間に取り込むことによって、レーザ102からフライング光ヘッド106への光路は動的に一定に維持される。トロンボーン式スライドの移動範囲は浮動距離と同じ長さである。あるいは、フライング光学部品の動きを追うようにビーム拡大器104を能動的に制御することができ、この場合には動く範囲は大幅に小さい必要がある。さらに別の態様においては、レーザビームのサイズが変化することがあっても、罫書きされる材料上において一定の出力密度を保つよう、フライング光学部品が移動するときにレーザ出力を調整してもよい。これらのいずれの手法も、浮動距離を延長させるために、以下に説明する受動的光学設計とともに用いてもよい。

【0026】

別の手法は、フライング光ヘッド106の動きに本質的に鈍感な受動的光学設計を含むものである。浮動距離に亘って均一なビームサイズを得るために、レーザビームは、レーザ102から、ビーム拡大器104、フライング光ヘッド106へと投影される。一態様において、ビーム拡大器104からフライング光ヘッド106へと投影されるレーザビーム118はガウシアンビームであり、またレーザビームのビームウエストの中心はフライング光ヘッド106の浮動距離108の略中心に位置付けられる。ガウシアンビームまたはDモードビームのビームウエストの範囲は、ビーム軸沿い（浮動距離沿い）でスポットサイズが最小値となる位置である。浮動距離が、通常の当業者には既知のレイリー距離より大幅に小さい場合には、ビームのスポットサイズは浮動距離に亘って相対的に不変である。したがって、レーザビームを十分大きいサイズに拡大させること、およびビームウエストの中心を浮動距離の略中心に位置付けることによって、原理上は任意の浮動距離に適応することができる。ビームサイズが大きいと視準距離は改善されるが、同時にビーム送出成分がより大きくなり、ビーム形成光学部品に影響する。そのため、設計考察には浮動距離に実際にふさわしいビームサイズを選択することが含まれる。さらに、より長い浮動距離が望ましい場合には、レーザ出力の能動的調整を受動的光学系とともに用いてもよい。

【0027】

図2に示すように、フライング光ヘッド106は1以上のレンズ110を収容することができ、このレンズ110が、フライング光ヘッド106が受け取ったレーザビーム118の形状を変化させる。フライング光ヘッド106内のビーム形成光学部品110は、概して円形のレーザビームを、罫書きされる材料の表面上で細長い例えば楕円形のビームに変換し、このときこの細長いレーザビームのサイズおよび形状は、浮動距離に拘らず、また例えばガラスの曲がりや、ガラス厚の変化や、または例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置から光学部品に対して相対的にガラスが動くことに起因する、ビーム形成光学部品110とガラスとの間の距離に拘らず、実質的に一定に保たれる。

【0028】

図3および4は例示的な光学系であり、さらに図5および6は、図3および4に示した光学系によって生成することができる例示的な細長いレーザビームを示した図である。これらの例示的な実施形態において、ビーム形成光学部品110はフライング光ヘッド106内部で2つの円筒レンズを含むが、他の実施形態においては、より多いまたはより少ないレンズを用いることもできる。この例において各レンズは、結果として得られる細長いビームの1つの主軸（すなわち、長さ、幅）のみのサイズに関与する。あるいは、レンズ

を１つのみ使用してもよく、この場合にはレンズが両方（すなわち、長さおよび幅）の方向に同時にビームを形成し、よりコンパクトな光ヘッドを提供することができる。一方、２つのレンズまたは複数のレンズの設計では柔軟性を向上させることができ、すなわちビームの長さおよび幅を単独で制御することができる。光学系における光学部品の選択は、特定の用途の条件や要求に依存する。レーザ罫書きプロセスにとって好ましい楕円形ビームの主軸は、典型的には、ビーム長が約 60 から約 300 mm の範囲で変化し、ビーム幅が約 1 から約 3.0 mm の範囲で変化するものとすることができるが、他のビーム長さおよびビーム幅も本書において説明される実施形態の範囲内と意図されている。ビーム長は一般に、本書において説明されるレーザシステムの実施形態がガラスなどの材料に罫書き可能な罫書き速度に関連する。典型的には、ビーム長が短ければ短いほど、罫書き速度は遅くなる。逆に、ビーム長が長いと、罫書き速度は速くなる。ビーム幅は一般に、罫書きの真直度に関連し、ビーム幅が広くなると真直ぐな罫書き線を得ることがより困難になる。

【 0 0 2 9 】

図 3 は光学系の例である（レンズ f_1 および f_2 から成るビーム拡大器 104 と、レンズ f_{3l} および f_{3w} から成るフライング光ヘッド 106 内のビーム形成光学部品 110）。一態様において、図 3 の光学系は、図 5 および 6 に示したような長さおよび幅を有する細長いレーザビームを生成することができる。図 3 において、レンズ f_1 および f_2 はレーザからレーザビーム 200 を受け取るビーム拡大器 104 に相当するビーム拡大レンズ； f_{3l} および f_{3w} は、図 5 および 6 に示したような得られるビームの長さ（ l ）および幅（ w ）に關与する、フライング光ヘッド 106 内のビーム形成光学部品 110 に相当するビーム形成円筒レンズ； d_0 はレーザから出てきたビームのウエスト中心からビーム拡大器のレンズ f_1 までの距離； d_1 はレンズ f_1 および f_2 の間の調整可能な距離； d_2 は浮動距離 108 に相当する浮動距離；そして d_{3l} および d_{3w} はレンズ f_{3l} および f_{3w} からガラス 208 までの実効距離である。レンズ f_1 および f_2 の相対位置を調整することにより、ビーム拡大器 104 とフライング光ヘッド 106 との間の浮動距離 d_2 沿いでビームウエストの中心の位置を制御することができる。図 4 は光学系の別の例であり、ここではレンズ f_{3w} と f_{3l} の相対位置が変化して、得られるビームの幅が違ったものになる。図 5 および 6 に示すように、得られる細長いレーザビームの長さ（ l ）は実質的にレンズ f_{3l} によって決定され、幅（ w ）は実質的にレンズ f_{3w} によって決定される。図 3 および 4 は、物理的な光ビーム伝搬の検討のため、屈折していないビーム経路を用いた光学的概略図であることに留意されたい。つまり、これらの図はガラス 208 に対する浮動距離の実際の向きを示していない。

【 0 0 3 0 】

下に示す表 1 は、一例として、ターゲットのビームサイズに対する光学設計パラメータを提供するものである。表 1 において、 f_{3l} および f_{3w} の列はそれぞれのレンズの焦点距離を与える。さらに、 d_{3l} および d_{3w} の列は、レンズ f_{3l} および f_{3w} と、ガラスの初期位置すなわちガラスの名目上のターゲット位置との間の距離を示す。レーザ罫書きシステムの動作中、距離 d_{3l} および d_{3w} は変化する可能性がある。ビームサイズ、および長さ対幅比率の個々の選択はプロセス要件によって決定され、プロセス要件としては、これらに限定されるものではないが、例えば罫書き速度、切断エッジの真直度、ガラスの曲がりの振幅、ガラス厚の変化、または例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置からフライング光ヘッドのビーム形成光学部品に対して相対的にガラスが動くこと、浮動距離（またはガラスサイズ）、許容できる残留応力レベル、利用可能なレーザ出力、レーザモードの品質および種類が挙げられる。

【表 1】

表 1

ビーム幅	ビーム長	f_{3l} (mm)	f_{3w} (mm)	d_2 (mm)	d_{3l} (mm)	d_{3w} (mm)
1.0	100	-375	800	500 ~ 4500	1000	800
1.0	200	-158	800	500 ~ 4500	1000	800
1.5	100	-375	1200	500 ~ 4500	1000	1200
1.5	200	-158	1200	500 ~ 4500	1000	1200

【実施例】

10

【0031】

本発明の原理をさらに示すため、本書で請求されるシステムおよび方法がどのように作製および評価され得るかについて通常の当業者に完全に開示および説明するための、以下の説明を明記する。この説明は純粋に本発明の例示となるよう意図されたものであり、発明者らが発明と見なしている範囲を限定することを意図したものではない。数値（例えば、量、温度など）については確度を確保するよう努めたが、いくらかの誤差および偏差が存在している可能性がある。

【0032】

上記のように、ビーム送出系の静止部分は、一実施の形態においてレーザおよびビーム拡大器を含み、浮動距離の全域に亘って実質的に一定のレーザビーム特性を維持する。一態様において、本光学系は、TEM00モードとして知られる標準的なガウシアンレーザモードとして、さらにいわゆるDモードとして作製することができる。Dモードは、TEM01^{*}（または「ドーナツ」）モードとTEM00モード（または「Sモード」）を60/40で混合したものである。ビーム品質の特徴付けにはM²係数を用いることができ、またビームサイズは、ISO11146標準に従ってレーザビームの境界をビーム強度がそのピーク値の1/e²に降下した位置と定義する、1/e²定義を用いて決定することができる。完全なDモードのビーム品質係数はM² = 1.67であるが、異なる出力レベルのさまざまなレーザに対する実際のM²は2.3と2.4の間のいずれかの値である。そのため、平均M²値が1.7から2.50のものをシステム設計において用いてもよい。一般に、現実のレーザビームは、係数1/Mで縮小されたウエストサイズを有するガウシアンビームでシミュレートすることができる。一例において、モデリング目的の典型的なビームウエストの直径は約12.7mmであり、そのウエストがレーザ出力結合器から0.2mに位置しているものであった。

20

30

【0033】

ビーム拡大器はレーザビームのサイズを増加させ、そしてウエストの中心を望ましい位置に投影する。拡大比率は、所望のレーザパラメータや浮動距離を考慮して決定される。光学系によって生じる任意の収差はビーム品質を低下させてビームをより発散した状態にする可能性があるため、ビーム拡大器の収差は最小限に保つことが望ましい。シミュレーションでは、高F値の球面ZnSeレンズで構成されたビーム拡大器が極わずかな収差を有することを示しているが、他のレンズも本発明の範囲内で意図されている。最小限の乱視を有している軸外し球面ミラーに基づくビーム拡大器も市販されている。そのため、屈折型と反射型のビーム拡大器の両方が、極わずかな収差を有し得る有望な選択肢である。ビーム拡大器は、ビームの拡大量が固定されているものでもよいし、あるいはビームの拡大量を調整可能にできるものでもよい。

40

【0034】

多くの事例において、CO₂レーザビームなどのレーザビームの伝搬はガウシアンビームの伝搬と類似している。ビームウエストサイズが R_0 、品質係数がM²である場合、ビームサイズ $R(z)$ は以下の関係を導く。

【数 1】

$$\omega_R(z) = \omega_{R0} \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_0}\right)^2} \quad (1)$$

$$2z_0 = \frac{2\pi \left(\frac{\omega_{R0}}{M}\right)^2}{\lambda} \quad (2)$$

【0035】

10

ここで、 $2z_0$ はレイリー距離、 z_0 はビームウエストに一致するように定義された z 軸の原点、 z はビーム軸に沿ったビームウエストからの距離、そして λ は波長である。複数素子の光学系を通過するレーザビームの伝搬は、通常の当業者には既知のABCD行列法を用いてシミュレートされる。シミュレートされた結果をZEMAXの物理的な光伝搬シミュレーションと比較すると、非常に優れた一致を示した。図7は、ビーム拡大器から出たビームのビームウエストが約14mmの場合に、約6mの浮動距離に亘るビーム幅の変動が約6%から13%となり得ることを示している。図8は、ビーム拡大器によってビームウエストが約20mmに増加された場合、浮動距離が略6mのときでさえビーム幅の変動が約3%未満に減少していることを示している。ビーム拡大器から出るビームの直径をさらに増加させると、より長い浮動距離に亘ってビームの直径の変動がさらに減少する。一態様においては、2倍のビーム比を選択してレーザビームサイズを浮動距離内で2倍にすることができるが、他の倍率のビーム拡大器を用いることもできる。

20

【0036】

ビーム拡大器に加え、一実施の形態においてビーム送出系は、拡大されたビームをフライング光ヘッドに向けるための、いくつかの経路指定ミラーおよび/またはビームスイッチを含むことができる。固定された光路にはビーム管を用いることもでき、また浮動経路をフレキシブルベローズ内に包含してもよい。一般に、ビーム管が用いられる場合、ビーム管の内径は拡大されたビームの直径の少なくとも2倍とすべきである。ビーム管の使用は、回転ミラー（ビームベンダ）のミラーサイズの選択にも影響する。

【0037】

30

一実施の形態において円筒レンズのセットである、ビーム形成光学部品 f_{3w} および f_{3l} は、例えば図3および4に示されているような直径約25mmのサイズの円形ビームを、長さが約60~200mmで幅が約1~1.5mmの楕円形ビームに変換する。他の事例においては、円形ビームを、ビーム長が約60から300mmでビーム幅が約1.0から3.0mmの細長いビームに変換することができる。

【0038】

図3においては、例えば、直径約13mmのビームウエスト202を有するレーザビーム200が、この事例ではレンズ f_1 および f_2 から成るビーム拡大器に入り、ここでレーザビーム200は直径約25mmのビームウエスト204を有するレーザビームに拡大される。拡大されたレーザビームのビームウエスト204の中心が浮動距離 d_2 の略中心であり、さらに浮動距離 d_2 は拡大されたレーザビームのレイリー距離よりも短いため、拡大されたレーザビームの直径は、光ヘッドの浮動距離 d_2 の全域に亘って実質的に一定である。拡大されたレーザビームはその後フライング光ヘッドに入り、そこでこの例ではレンズ f_{3l} および f_{3w} から成るビーム形成光学部品が、ガラス208上に細長いビーム206を形成する。この事例においては、 f_{3l} を用いてガラス208上で細長いビーム206の長さを形成し、 f_{3w} を用いてガラス208上で細長いビーム206の幅を形成する。図3の実施形態に示すように、レンズ f_{3l} からガラス208の表面までの名目上の距離 d_{3l} は、レンズ f_{3w} からガラス208の表面までの名目上の距離 d_{3w} よりも長い。図3に示すように、ビーム形成光学部品をこのように例示的に配置すると、ガラス208上に約200×1.0mm²の細長いビーム206が生成される。同様に、図4の例示的なビーム形

40

50

成光学部品では、ガラス208上に約 $200 \times 1.5 \text{ mm}^2$ の細長いビーム210が生成される。図4で示されている実施形態では、レンズ f_{3l} からガラス208の表面までの名目上の距離 d_{3l} は、レンズ f_{3w} からガラス208の表面までの名目上の距離 d_{3w} よりも短い。図3および4に示したビーム形成光学部品は本来例示的なものであり、他の設計によれば、異なるビームサイズ、レンズ配置、浮動距離、そしてガラス上で得られるビーム形状となり得ることを理解されたい。

【0039】

フライング光ヘッドに入るレーザビームが高度にコリメートされている場合には、主な可変要素は局部ガラス表面とレンズ f_{3l} および f_{3w} との間のそれぞれの距離 d_{3l} および d_{3w} の変化から生まれ、この距離の変化は、例えば、ガラスの曲がりや、ガラス厚の変化や、または例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置から光学部品に対して相対的にガラスが動くこと、などに起因する。距離 d_{3l} および d_{3w} の変化は、ガラス上の実際のビーム長およびビーム幅に影響を与える。この影響は、ガウシアンビーム伝搬に基づいて見積もることができる。

【0040】

一実施の形態において、細長いビームはコリメートされたビームを負の円筒レンズまたはミラーを用いて広げることによって生成される。図5に示すように、例えば、ガラスの曲がりや、ガラス厚の変化や、または例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置から光学部品に対して相対的にガラスが動くことなどに起因する、レンズ f_{3l} に対するガラス208の位置の変化の結果から、発散角 θ が、ビーム長の変化の範囲を決定する。図5の図を用いた例では、ガラス位置の変化 $\pm 2.5 \text{ mm}$ に対して、その変動が $\pm 2.5\%$ 未満の 200 mm のビーム長(1)を生成するためには、扇形に広がる角度を 6° 未満とし、かつレンズとガラスとが離れる距離を少なくとも 1 m とするべきであることが、三角法から示される。ビーム長の変動は、ビームをコリメートすることによって減少または排除することができる。ビーム長が短くなると、その変動は比例的に減少する。

【0041】

一実施の形態において、第2の円筒レンズ f_{3w} はビームのもう一方の軸を約 1.0 から約 3.0 mm 幅に集束させる。図6は、レンズ f_{3w} に対するガラス208の位置の変化がどのようにビーム幅に影響するかを示したものである。浮動経路と同様、ガラス位置の変化に対するビーム幅の感受性を低下させるように、ガラスはレイリー領域の略中心に置くことが好ましい。レイリー領域は、ビームウエストによって決定され、レンズ f_{3w} に対するガラス208の位置の変化の最大値よりもはるかに大きい。

【0042】

図9および10は、一例として、例示的なビーム幅 1 mm および 1.5 mm に対し、ビームウエスト中心からのガラス表面の変位の関数として、ビーム幅の変動を示したものである。図9および10から、ビーム幅が 1 から 1.5 mm に増加するとビーム幅の変動が減少することが分かる。レーザビーム品質係数 M^2 もまた、両方の事例に影響を与える。ビーム品質が向上するとビーム幅の変動が小さくなり、したがってガラスの形状に対するシステムの感受性を低下させることができる。より具体的には、図9は、ターゲットビーム幅が 1 mm の場合にはビームウエスト中心からのガラス位置の変位により 30% を超えるビーム幅変動が生じ得ることを示し、一方図10は、ターゲット幅が 1.5 mm の場合にはその変動が 7% に減少することを示している。レーザビーム品質係数 M^2 もまた、両方の事例に影響を与える。

【0043】

一例において、図3および4に示す光学系について、近軸ガウシアンビームの伝搬によるシミュレートおよび評価を行った。システム評価のためのメリット関数は、ビームサイズとそのターゲットとの近似度、浮動距離に亘っての最小ビーム面積の変動、そして、例えばガラスが曲がることによって、またはガラス厚が変化することによって、あるいは例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによりガラスの名目上のターゲッ

ト位置から光学部品に対して相対的にガラスが動くことによって、ビーム形成光学部品 f_{3l} および f_{3w} からガラス表面までの距離 d_{3l} および d_{3w} が変化する間の、最小ビーム面積の変動、に基づくものであった。ターゲットビームサイズはビーム形成レンズ f_{3w} および f_{3l} の焦点距離を決定し、一方 d_{3l} および d_{3w} は最良のビームサイズと整合するように選ばれる。ターゲットとされるビームサイズに対する結果については上の表 1 に要約されているが、ビーム幅は f_{3w} のみによって決定され、そしてビーム長は f_{3l} のみによって決定されるため、表 1 には表示したように、少なくとも 4 つのビームサイズの組合せに関する設計が含まれている。

【 0 0 4 4 】

図 1 1 から 1 4 は、浮動距離 d_2 に応じた、レンズ f_{3w} とガラスとの間の距離 d_{3w} の関数としての、またレンズ f_{3l} とガラスとの間の距離 d_{3l} の関数としての、ガラス表面上のビームサイズ（幅および長さ）を示したものであり、ここで距離 d_{3w} および d_{3l} は、例えばガラスの曲がり（または、ガラス厚の変化、または例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置から光学部品に対して相対的にガラスが動くこと）によって変化する。図示のように、1.5 mm 未満のビーム幅では、ガラス位置の変化がビームサイズ変動の最も大きい要因となる。

【 0 0 4 5 】

ビーム幅が約 1.4 mm の場合には、図 1 1 および 1 2 に図示されている結果から、 d_{3w} が約 1200 mm に初期設定されかつ d_{3l} が約 1000 mm に初期設定された図 4 に示したような光学系では、距離（ d_{3w} または d_{3l} のいずれか）の変化 ± 20 mm に対して、ビームサイズ幅の変動は $\pm 5\%$ 以内、ビームサイズ長の変動は $\pm 2\%$ 未満であることが分かる。

【 0 0 4 6 】

約 0.95 mm から約 1.0 mm 幅の細いビームであっても、図 1 3 および 1 4 から、 d_{3w} が約 800 mm に初期設定されかつ d_{3l} が約 1000 mm に初期設定された図 3 に示したような光学系では、距離（ d_{3w} または d_{3l} のいずれか）の変化 ± 10 mm 以内に対して、ビームサイズ幅の変動は $\pm 5\%$ を超えず、ビームサイズ長の変動は $\pm 2\%$ を超えないことが分かる。

【 0 0 4 7 】

下に示す表 2 は、例示的な実施形態でのビーム幅およびビーム長に対応するターゲット用に開発された、実際のレンズ仕様を要約したものである。表 2 は、例示的な実施形態に対し、実際の平凸（PO/CX）/平凹（PO/CC）円筒レンズ処方（レンズ材料 ZnSe、反射防止コーティング 10.6 μm ）を提供する。これらのレンズ処方は、他のレンズ材料で使用することもできるし、また反射防止コーティングを有していても有していなくてもよい。平凸および平凹レンズ設計の曲率半径は、好適な有効焦点距離に基づいて計算されたものである。この特定の光学系において、負の円筒レンズ f_{3l} の初期実装位置は、ターゲットのガラス位置から 1000 mm の距離 d_{3l} に設定される。レンズ f_{3w} の初期実装位置は、焦点距離に応じて距離 d_{3w} がレンズ f_{3w} の焦点距離と略同じになるように設定され、これが、浮動位置がビーム幅に与える影響を最小限に抑える助けとなる。

10

20

30

【表 2】

表 2

ビームサイズ (mm)	レンズ種類	有効焦点 距離, (mm)	曲率半径, (mm)	レンズ サイズ
W = 1	PO/CX	800	1122.5	2" × 4"
W = 1.5	PO/CX	1200	1684	φ 2"
L=100	PO/CC	-375	-526	1 2"
L = 150	PO/CC	-220	-308	φ 2"
L = 200	PO/CC	-158	-222	φ 2"
L = 250	PO/CC	-124.5	-174.7	φ 2"
L = 300	PO/CC	-101.5	-142.4	φ 2"

10

【 0 0 4 8 】

20

例示の用途

レーザ野書きシステムの実施形態は、図 1 5 の断面図に概略的に示しているような、例えば、ダウンドローガラス製造プロセスやダウンドローフュージョンガラス製造プロセスなどのガラス製造プロセスに組み込むことができる。図 1 5 は、鉛直に配向されたガラスとともに利用し得るレーザ野書きシステムの実施形態を示している。当然のことながら、本書で開示されるレーザ野書きシステムは、水平に、またはそれ以外の方向に配向されたガラスに用いることもできる。図 1 5 に示すように、溶融ガラス 7 0 2 がアイソパイプ 7 0 4 から溢れ出し、通常の当業者に既知のようにアイソパイプ 7 0 4 の下方で融合する。このとき熱いガラスが形成されて 2 以上のローラ 7 1 0 の支援により下方に移動し、連続的に図 1 5 の頁の下方（すなわち、図 1 5 に示す座標系の「y 方向」）へと動く。図 1 5 に示したレーザ野書きシステムの実施形態は、ガラスが処理されているときにガラスに野書きする野書き装置 7 1 2 から成る。一態様において、野書き装置 7 1 2 は、実質的に上述したように、レーザと、ビーム拡大器と、フライング光ヘッドとを含むものとしてすることができる。ビーム拡大器はレーザからレーザビームを受け取り、このレーザビームを拡大して、レーザおよびビーム拡大器に対して動くフライング光ヘッドが横移動する浮動距離の略中心にそのビームウエストが位置するようなレーザビームとする。図 1 5 に示すように、フライング光ヘッドは $\pm x$ 方向（すなわち、図 1 5 の面への方向およびこの面から離れる方向）に可動である。熱いガラスのガラス位置の変化（ガラスの曲がりや、ガラス厚の変化や、または例えば成形プロセス中にガラスがランダムに動くことなどによってガラスの名目上のターゲット位置からフライング光ヘッドの光学部品に対して相対的にガラスが動くことなどによる）は $\pm z$ 方向であり、一方ガラスは概して製造プロセス中に y 方向に動く。フライング光ヘッドは、拡大されたレーザビームをビーム拡大器から受け取り、この拡大されたレーザビームを細長いレーザビーム 7 1 4 に集束させるように構成される。一態様において、細長いレーザビーム 7 1 4 は、ビームウエストを有し、さらにこのビームウエストの中心から ± 5 mm を超える拡張焦点深度を有する。細長いレーザビーム 7 1 4 は、その少なくとも一部が拡張焦点深度の範囲内にあるように配置されたガラスに野書きするのに十分な出力密度を、拡張焦点深度全域において有している。野書き後にガラスに熱的衝撃を与える装置は図 1 5 に図示されていない。ガラスが野書きされると、ガラスを分割し、および/または製造プロセスから移動する。例えば、ガラス搬送システムまたはロボットを用いて、ガラスの分割および製造エリアからの移動を完了させることが

30

40

50

できる。

【 0 0 4 9 】

結論として、本書において説明したレーザ罫書きシステムは、能動的補償なしで、光ヘッド位置の浮動距離に沿った変化、および光ヘッドとガラスとの間の距離に鈍感な、略一定サイズおよびそれに対応した略一定出力密度のレーザビームを、材料に送出することを可能とする。浮動位置の変化に誘発されるビームサイズの変動を最小限に抑え、4 mまでの浮動距離に亘り1 %未満にすることができる。同時に、ガラス表面と光ヘッドとの間の距離の変化によるビームサイズの変動を最小限に抑え、この距離が $\pm 5 \text{ mm}$ を超えて変化したとしても実質的に一貫したレーザ罫書きプロセスを可能とすることができる。

【 0 0 5 0 】

このシステムについて好適な実施形態および具体例に関連付けて説明してきたが、その範囲を明記した特定の実施形態に限定することを意図しているものではなく、同様に、本書の実施形態は全ての参照において、限定するよりもむしろ説明することを意図している。

【 0 0 5 1 】

本範囲および精神から逸脱することなく、さまざまな改変および変形が作製可能であることは当業者には明らかであろう。他の実施形態は、本明細書を考慮し、本書で開示された原理を実施することによって当業者には明らかになるであろう。真の範囲および精神は以下の請求項によって指示されるものであり、本明細書および例は単なる例であると意図されている。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 2 】

- 1 0 2 レーザ
- 1 0 4 ビーム拡大器
- 1 0 6 フライング光ヘッド
- 1 0 8 浮動距離
- 1 1 0 ビーム形成光学部品
- 1 1 2 回転ミラー
- 1 1 4、2 0 8 ガラス
- 1 1 6 拡張焦点深度
- 1 1 8、2 0 0 レーザビーム

10

20

30

【図 1】

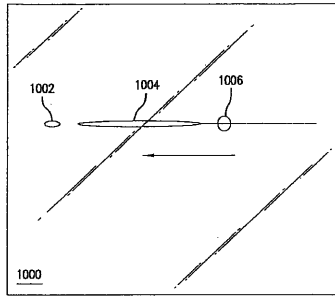


FIG.1

【図 2】

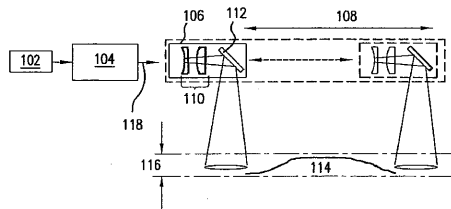


FIG.2

【図 3】

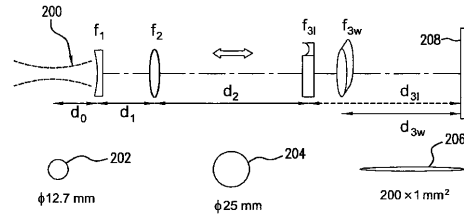


FIG.3

【図 4】

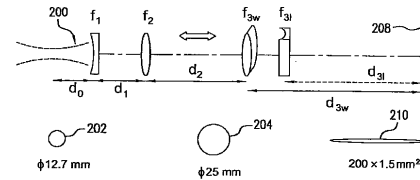


FIG.4

【図 5】

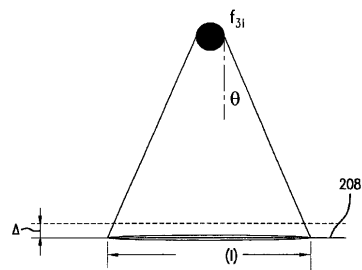


FIG.5

【図 6】

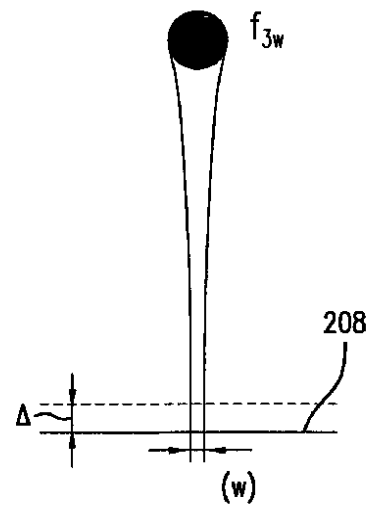
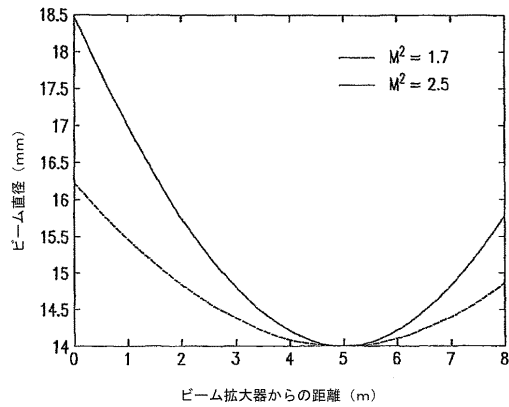
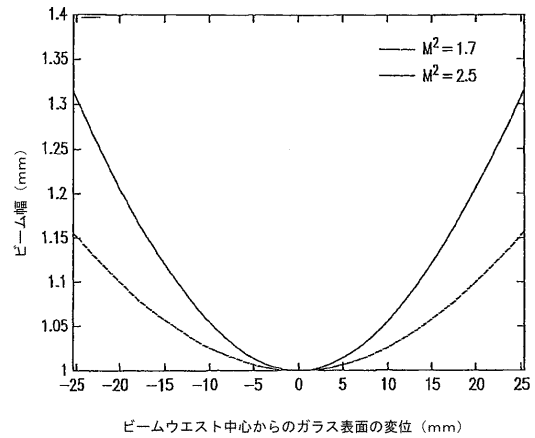


FIG.6

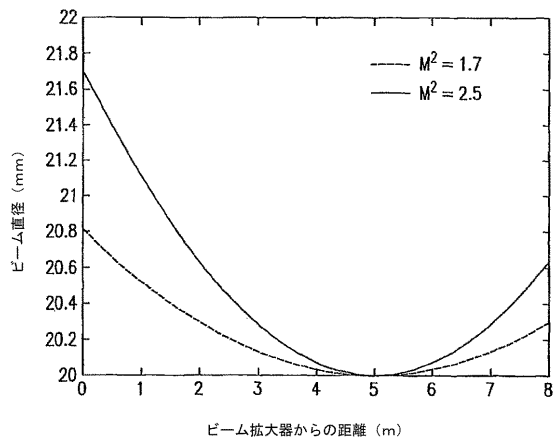
【図 7】



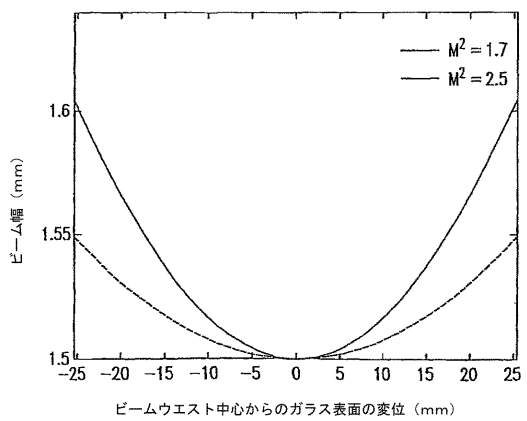
【図 9】



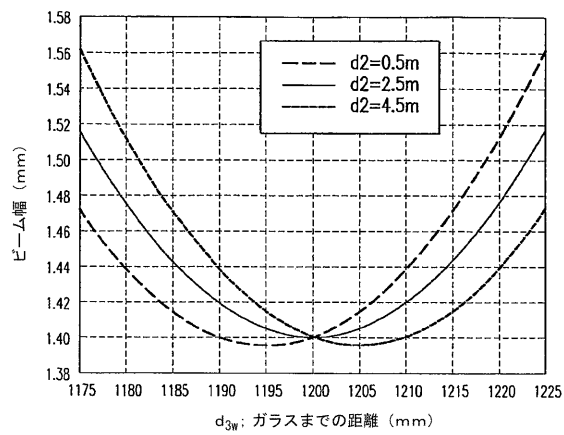
【図 8】



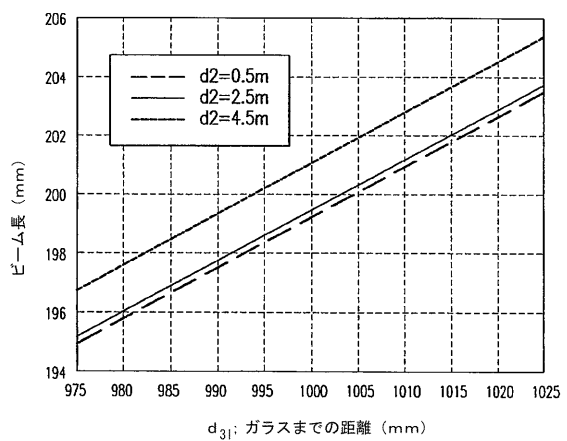
【図 10】



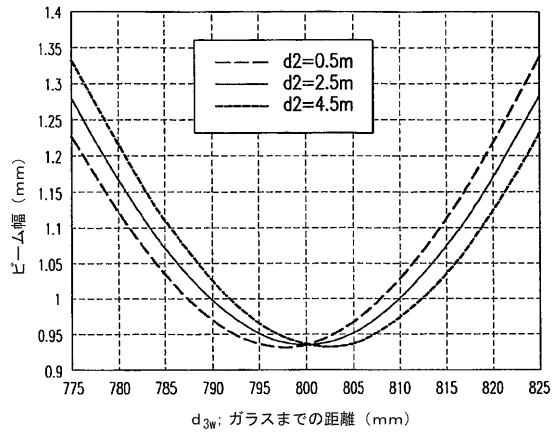
【図 11】



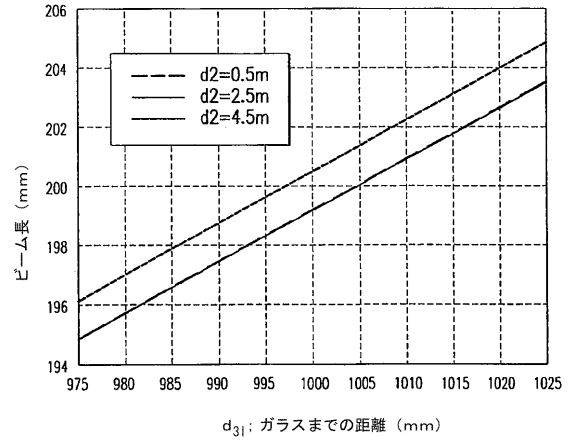
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【図 15】

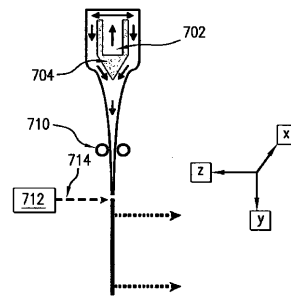


FIG.15

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 8 D 5/00 (2006.01) B 2 8 D 5/00 Z

(72)発明者 ウクラインクジク, ルジェルカ
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト ウェストン レーン 1
 0 8

(72)発明者 ウー, チー
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト タラ プレイス 9

(72)発明者 チョウ, ナユエ
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト オークウッド ドライブ
 5 2

審査官 大工原 大二

(56)参考文献 特開2006-142335(JP, A)
 特開平05-102561(JP, A)
 特開平11-058059(JP, A)
 特開2000-335928(JP, A)
 特開2006-142342(JP, A)
 特開2006-060085(JP, A)
 特開2005-021964(JP, A)
 国際公開第2003/015976(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
 C 0 3 B 2 3 / 0 0 - 3 5 / 2 6
 C 0 3 B 4 0 / 0 0 - 4 0 / 0 4
 B 2 3 K 2 6 / 0 0 - 2 6 / 7 0