

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7207648号

(P7207648)

(45)発行日 令和5年1月18日(2023.1.18)

(24)登録日 令和5年1月10日(2023.1.10)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 S 3/10 (2006.01)

H 0 1 S 3/10

Z

H 0 1 S 3/00 (2006.01)

H 0 1 S 3/00

A

G 0 1 W 1/00 (2006.01)

H 0 1 S 3/00

G

G 0 2 B 26/06 (2006.01)

G 0 1 W 1/00

A

G 0 2 B 26/06

請求項の数 14 (全18頁)

(21)出願番号 特願2018-212842(P2018-212842)

(22)出願日 平成30年11月13日(2018.11.13)

(65)公開番号 特開2020-80367(P2020-80367A)

(43)公開日 令和2年5月28日(2020.5.28)

審査請求日 令和3年11月1日(2021.11.1)

(73)特許権者 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内三丁目2番3号

(73)特許権者 503359821

国立研究開発法人理化学研究所

埼玉県和光市広沢2番1号

(73)特許権者 591114803

公益財団法人レーザー技術総合研究所

大阪府大阪市西区靱本町1丁目8番4号

(74)代理人 100112737

弁理士 藤田 考晴

(74)代理人 100140914

弁理士 三苫 貴織

(74)代理人 100136168

弁理士 川上 美紀

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学システムおよび光学補正方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1光路を介して外部のターゲットに向けて光を照射する照射装置と、

前記第1光路から離れ、かつ、前記第1光路の大気環境から隔離された第2光路に配置され、前記第1光路の前記大気環境の、前記光に対する特性を取得する大気特性取得システムと、

を具備し、

前記照射装置は、

前記特性に基づいて、前記光の波面を補正する波面補正光学系

を具備し、

前記大気特性取得システムは、

内部に前記第1光路の前記大気環境を再現出来るように構成された大気モデルチャンバーと、

前記大気モデルチャンバーを通過した光を用いて前記特性を測定する測定装置と、

を具備する

光学システム。

【請求項2】

第1光路を介して外部のターゲットに向けて光を照射する照射装置と、

前記第1光路から離れ、かつ、前記第1光路の大気環境から隔離された第2光路に配置され、前記第1光路の前記大気環境の、前記光に対する特性を取得する大気特性取得システ

ムと、
を具備し、
前記照射装置は、
前記特性に基づいて、前記光の波面を補正する波面補正光学系
を具備し、
前記波面補正光学系および前記第 1 光路を介して前記ターゲットに向かう第 1 光と、前記
大気環境の前記特性を取得するために前記大気特性取得システムの内部を通過する第 2 光
とを生成する兼用光源と、
前記兼用光源が生成する光の光路を、前記第 1 光路および前記第 2 光路のいずれかに切り
替える切替ミラーと、
をさらに具備する
光学システム。

10

【請求項 3】

第 1 光路を介して外部のターゲットに向けて光を照射する照射装置と、
前記第 1 光路から離れ、かつ、前記第 1 光路の大気環境から隔離された第 2 光路に配置さ
れ、前記第 1 光路の前記大気環境の、前記光に対する特性を取得する大気特性取得システ
ムと、
を具備し、
前記照射装置は、
前記特性に基づいて、前記光の波面を補正する波面補正光学系
を具備し、
前記波面補正光学系および前記第 1 光路を介して前記ターゲットに向かう第 1 光と、前記
大気環境の前記特性を取得するために前記大気特性取得システムの内部を通過する第 2 光
とを生成する兼用光源と、
をさらに具備し、
前記第 2 光路は、前記第 1 光が、前記第 2 光路、前記波面補正光学系および前記第 1 光路
を介して前記ターゲットに向かうように配置されている
光学システム。

20

【請求項 4】

第 1 光路を介して外部のターゲットに向けて光を照射する照射装置と、
前記第 1 光路から離れ、かつ、前記第 1 光路の大気環境から隔離された第 2 光路に配置さ
れ、前記第 1 光路の前記大気環境の、前記光に対する特性を取得する大気特性取得システ
ムと、
前記第 2 光路を通過する光の散乱を観測する散乱光観測用カメラと、
を具備し、
前記照射装置は、
前記特性に基づいて、前記光の波面を補正する波面補正光学系
を具備し、
前記照射装置は、前記散乱の観測結果に基づいて前記波面補正光学系を制御する
光学システム。

30

【請求項 5】

第 1 光路を介して外部のターゲットに向けて光を照射する照射装置と、
前記第 1 光路から離れ、かつ、前記第 1 光路の大気環境から隔離された第 2 光路に配置さ
れ、前記第 1 光路の前記大気環境の、前記光に対する特性を取得する大気特性取得システ
ムと、
前記第 1 光路における気象情報を取得する気象計と、
を具備し、
前記照射装置は、
前記特性に基づいて、前記光の波面を補正する波面補正光学系
を具備し、

40

50

前記照射装置は、前記気象情報の観測結果にさらに基づいて前記波面補正光学系を制御する光学システム。

【請求項 6】

請求項 2 ～ 5 のいずれか一項に記載の光学システムにおいて、
前記大気特性取得システムは、
内部に前記第 1 光路の前記大気環境を再現出来るように構成された大気モデルチャンバーと、
前記大気モデルチャンバーを通過した光を用いて前記特性を測定する測定装置と、
を具備する
光学システム。

10

【請求項 7】

請求項 1 または 6 に記載の光学システムにおいて、
前記大気モデルチャンバーの内部を真空にする真空ポンプと、
前記大気モデルチャンバーの内部に、前記第 1 光路の大気を再現した大気環境再現気体を流入する大気環境再現装置
をさらに具備する
光学システム。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の光学システムにおいて、
前記大気環境再現装置は、
前記第 1 光路から光路大気を取り込む大気取り込み口と、
標準大気を供給する標準大気容器と、
エアロゾルを供給するエアロゾル生成器と、
前記光路大気、前記標準大気および前記エアロゾルを混合して前記大気環境再現気体を生成するガスマキサーと、
前記ガスマキサーから前記大気モデルチャンバーに流入する前記大気環境再現気体の流量を測定するガス流量計と、
前記ガスマキサーから前記大気モデルチャンバーに流入する前記エアロゾルの粒子数を数えるパーティクルカウンターと、
前記ガスマキサーから前記大気モデルチャンバーに流入する前記大気環境再現気体の前記流量を調節するガス流量調節バルブと
を具備する
光学システム。

20

【請求項 9】

請求項 8 に記載の光学システムにおいて、
前記測定装置は、前記内部が真空である第 1 状態の前記大気モデルチャンバーを通過した光を用いて測定する第 1 特性と、前記内部に前記大気環境を再現している第 2 状態の前記大気モデルチャンバーを通過した光を用いて測定する第 2 特性とを比較して、前記特性を取得する
光学システム。

40

【請求項 10】

請求項 9 に記載の光学システムにおいて、
前記大気モデルチャンバーは、
光が外部から前記内部に入射する第 1 窓と、
前記光が前記内部から外部へ出射する第 2 窓と
を具備し、
前記測定装置は、
前記光が前記第 1 窓から入射する前の入射光の強度分布を調整するビーム径調整機構と、
前記光が前記第 2 窓から出射した出射光を照射されてビームスポットが生じるスクリーンと、

50

前記ビームスポットを観測して、前記出射光の強度分布を測定する強度分布観測用カメラと

を具備する

光学システム。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の光学システムにおいて、

前記第 1 状態の前記大気モデルチャンバーから出射した前記出射光によって生じる第 1 ビームスポットに基づく第 1 測定結果と、前記第 2 状態の前記大気モデルチャンバーから出射した前記出射光によって生じる第 2 ビームスポットに基づく第 2 測定結果とを比較した結果に基づいて、前記第 1 光路におけるサーマルブルーミング効果による光への影響を打ち消すように前記波面補正光学系を制御する制御装置

10

をさらに具備する

光学システム。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の光学システムにおいて、

前記制御装置は、前記比較した結果に基づいて、前記第 2 光路におけるサーマルブルーミング効果による光への影響を算出し、前記第 2 光路の前記影響に基づいて前記第 1 光路におけるサーマルブルーミング効果による光への影響を算出する

光学システム。

【請求項 1 3】

20

請求項 1 または 4 ~ 1 2 のいずれか一項に記載の光学システムにおいて、

前記波面補正光学系および前記第 1 光路を介して前記ターゲットに向かう第 1 光を生成する第 1 光源と、

前記大気環境の前記特性を取得するために前記大気特性取得システムの内部を通過する第 2 光を生成する、前記第 1 光源とは異なる第 2 光源と

をさらに備える

光学システム。

【請求項 1 4】

外部のターゲットに向けて照射される光が通過する第 1 光路の大気環境の、前記光に対する特性を、前記第 1 光路から離れ、かつ、前記第 1 光路の前記大気環境から隔離された第 2 光路において取得することと、

30

前記特性に基づいて、前記光の波面を補正するように、波面補正光学系を制御することと、

前記波面補正光学系および前記第 1 光路を介して前記ターゲットに向けて光を照射することと

を含み、

前記取得することは、

内部に前記第 1 光路の前記大気環境を再現出来るように構成された大気モデルチャンバーを通過した光を用いて前記特性を測定すること

を含む

40

光学補正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は光学システムおよび光学補正方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

高出力レーザ光が大気中を伝搬すると、サーマルブルーミング効果が発生する場合がある。サーマルブルーミング効果とは、媒体を伝搬する光のエネルギーが媒体自体によって吸収されることによって、この媒体が加熱されて光の伝送路特性が変化する現象である。

50

サーマルブルーミング効果は、エネルギー伝送などに代表される高出力レーザー光の長距離伝搬の実用化を妨げている。

【0003】

上記に関連して、特許文献1（特開2005-101223号公報）には、高出力レーザー増幅器に係る発明が開示されている。この高出力レーザー増幅器は、固体レーザー媒質と、ハウジングと、励起源とを備える。固体レーザー媒質は、レーザー光を増幅する。ハウジングは、固体レーザー媒質を格納する。励起源は、固体レーザー媒質を励起光で励起する。この高出力レーザー増幅器は、レーザー光路に波面歪みを補償する位相共役鏡を備え、固体レーザー媒質の冷却媒質が液体であることを特徴とする。

【0004】

特許文献1の発明では、伝送路の特性変化により乱れたレーザー光の波面を位相共役鏡で反転させて再度伝送路に通過させることによって、波面乱れを相殺する。特許文献1の発明では、レーザーシステム内で発生する波面乱れの補正は出来るが、外部の大気中を伝搬するレーザー光波面乱れの補正は出来ない。

【0005】

また、非特許文献1（Jonathan F. Schonfeld、「The Theory of Compensated Laser Propagation through Strong Thermal Blooming」、THE LINCOLN LABORATORY JOURNAL、Volume 5、Number 1、pp. 131 - 150、1992）には、クローズドループではサーマルブルーミング効果に対する補正を集束させられないことが開示されている。

【0006】

例えば、光の伝搬により大気が加熱されると、この大気は膨張してその屈折率が低下し、このような領域を通過する光は拡散する。光が拡散する領域で集光するような制御を行うと、過熱された領域に光が集光され、この領域の加熱がさらに進む。結果として、制御系は発散する。

【0007】

また、非特許文献2（B. Hafizi、「Determination of absorption coefficient based on laser beam thermal blooming in gas-filled tube」、Applied Optics、Vol. 53、Issue 22、pp. 5016 - 5023、2014）には、直径4cm、長さ5.5mのチューブ内にレーザーを通すことで引き起こされるサーマルブルーミング効果からチューブ内の気体の吸収特性が取得可能であることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【文献】特開2005-101223号公報

【非特許文献】

【0009】

【文献】Jonathan F. Schonfeld、「The Theory of Compensated Laser Propagation through Strong Thermal Blooming」、THE LINCOLN LABORATORY JOURNAL、Volume 5、Number 1、pp. 131 - 150、1992

B. Hafizi、「Determination of absorption coefficient based on laser beam thermal blooming in gas-filled tube」、Applied Optics、Vol. 53、Issue 22、pp. 5016 - 5023、2014

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】**【 0 0 1 0 】**

高出力レーザ光を大気中の伝送路に伝搬させるときに、この伝送路の特性を、この伝送路から離れた場所で、伝搬の前に取得し、取得された特性に基づいて高出力レーザの波面を補正する光学システムを提供する。その他の課題と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】**【 0 0 1 1 】**

以下に、（発明を実施するための形態）で使用される番号を用いて、課題を解決するための手段を説明する。これらの番号は、（特許請求の範囲）の記載と（発明を実施するための形態）との対応関係を明らかにするために付加されたものである。ただし、それらの番号を、（特許請求の範囲）に記載されている発明の技術的範囲の解釈に用いてはならない。

10

【 0 0 1 2 】

一実施の形態によれば、光学システム（１）は、照射装置（３）と、大気特性取得システム（２）とを備える。照射装置（３）は、第１光路（５１）を介して外部のターゲット（４）に向けて光を照射する。大気特性取得システム（２）は、第１光路（５１）から離れた第２光路（５２）に配置され、第１光路（５１）の大気環境の、照射される光に対する特性を取得する。照射装置（３）は、波面補正光学系（３３）を備える。波面補正光学系（３３）は、取得された特性に基づいて、照射される光の波面を補正する。

20

【 0 0 1 3 】

一実施の形態によれば、光学補正方法は、外部のターゲット（４）に向けて照射される光が通過する第１光路（５１）の大気環境の、この光に対する特性を、第１光路（５１）から離れた第２光路（５２）において取得すること（Ｓ０１～Ｓ０３）と、取得された特性に基づいて、光の波面を補正するように、波面補正光学系（３３）を制御すること（Ｓ０４）と、波面補正光学系（３３）および第１光路（５１）を介してターゲット（４）に向けて光を照射すること（Ｓ０５）とを含む。

【発明の効果】**【 0 0 1 4 】**

前記一実施の形態によれば、高出力レーザ光を大気中の伝送路に伝搬させるときに、この伝送路における大気環境の特性に基づいて、サーマルブルーミング効果による影響を打ち消すように、高出力レーザ光の波面を光学的に補正することが出来る。

30

【図面の簡単な説明】**【 0 0 1 5 】**

【図１】図１は、一実施形態による光学システムの一構成例を示す図である。

【図２】図２は、一実施形態による大気特性取得装置の一構成例を示す図である。

【図３】図３は、一実施形態による照射方法の一構成例を示すフローチャートである。

【図４Ａ】図４Ａは、一実施形態による大気特性取得用レーザ光の一状態例を示す図である。

【図４Ｂ】図４Ｂは、一実施形態による大気特性取得用レーザ光の一状態例を示す図である。

40

【図５】図５は、一実施形態による光学システムの一構成例を示す図である。

【図６】図６は、一実施形態による光学システムの一構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】**【 0 0 1 6 】**

添付図面を参照して、本発明による光学システムを実施するための形態を以下に説明する。

【 0 0 1 7 】

（第１の実施形態）

図１は、一実施形態による光学システム１Ａの一構成例を示す図である。光学システム

50

1 A は、大気特性取得システム 2 と、照射装置 3 とを備えている。

【0018】

照射装置 3 は、外部のターゲット 4 に向けて光を照射するように構成されている。大気特性取得システム 2 は、この光が通過する第 1 光路 5 1 における大気環境の特性を、第 1 光路 5 1 から離れた第 2 光路 5 2 で、この光が照射される前に取得するように構成されている。

【0019】

照射装置 3 は、高出力レーザ光源 3 1 と、ミラー 3 2 A、3 2 B と、波面補正光学系 3 3 と、制御装置 3 4 と、気象計 3 5 と、照射光学系 3 6 とを備える。以降、ミラー 3 2 A、3 2 B を区別せずにミラー 3 2 と総称する場合がある。

10

【0020】

高出力レーザ光源 3 1 は、ターゲット 4 に到達させるための高出力レーザ光を生成する。ミラー 3 2 は、生成された高出力レーザ光を波面補正光学系 3 3 に導くように配置されている。波面補正光学系 3 3 は、高出力レーザ光を照射光学系 3 6 に向けて反射する際に、高出力レーザ光の波面を、制御装置 3 4 の制御下で補正するように構成されている。一実施形態において、波面補正光学系 3 3 は、可変形鏡である。制御装置 3 4 は、大気特性取得システム 2 によって取得された大気環境の特性と、気象計 3 5 によって取得された気象情報とに基づいて、波面補正光学系 3 3 を制御するように構成されている。気象計 3 5 は、第 1 光路 5 1、第 2 光路 5 2 またはこれらの近傍における気象情報を取得して制御装置 3 4 に送信するように構成されている。照射光学系 3 6 は、第 1 光路 5 1 に配置されており、波面補正光学系 3 3 によって反射された高出力レーザ光をターゲット 4 へ導くように構成されている。

20

【0021】

大気特性取得システム 2 は、大気特性取得用レーザ光源 2 1 と、大気特性取得装置 2 2 とを備える。

【0022】

大気特性取得用レーザ光源 2 1 は、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 を生成するように構成されている。

【0023】

図 2 は、一実施形態による大気特性取得装置 2 2 の一構成例を示す図である。大気特性取得装置 2 2 は、大気モデルチャンバー 6 1 と、大気環境再現装置 6 2 と、ビーム径調整機構 6 3 と、測定装置 6 4 と、真空ポンプ 6 5 とを備えている。

30

【0024】

大気モデルチャンバー 6 1 は、気密性を有し、かつ、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 が入射、通過および出射できるように構成された容器である。大気環境再現装置 6 2 は、大気モデルチャンバー 6 1 に接続されており、その内部に第 1 光路 5 1 における大気環境を、第 1 光路 5 1 から離れた第 2 光路 5 2 で再現出来るように構成されている。ビーム径調整機構 6 3 は、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 のビーム径を調整することによって、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 の強度分布を調整する。測定装置 6 4 は、大気モデルチャンバー 6 1 を通過する光を用いて、第 2 光路 5 2 における大気環境の特性を測定出来るように構成されている。真空ポンプ 6 5 は、大気モデルチャンバー 6 1 に接続されており、大気モデルチャンバー 6 1 の内部を真空にすることが出来るように構成されている。

40

【0025】

大気環境再現装置 6 2 は、ガスマキサー 6 2 1 と、大気取り込み口 6 2 2 と、標準大気容器 6 2 3 と、エアロゾル生成器 6 2 4 と、ガス流量計 6 2 5 と、パーティクルカウンタ 6 2 6 と、ガス流量調節バルブ 6 2 7 とを備えている。

【0026】

ガスマキサー 6 2 1 は、大気取り込み口 6 2 2、標準大気容器 6 2 3 およびエアロゾル生成器 6 2 4 から送られる気体および/またはエアロゾルなどを混合して大気モデルチャンバー 6 1 に向けて送り出すように構成されている。大気取り込み口 6 2 2 は、周辺の大

50

気を取り込んでガスミキサー 6 2 1 へ送り出せるように構成されている。大気取り込み口 6 2 2 は、特に、第 1 光路 5 1 から大気を取り込むように配置されてもよい。第 1 光路 5 1 から取り込まれた大気を、光路大気と呼ぶ。標準大気容器 6 2 3 は、標準大気が充填された容器であり、この標準大気をガスミキサー 6 2 1 へ送り出せるように構成されている。なお、標準大気とは、所定の標準に基づく組成、温度、密度などを有するように構成された気体である。エアロゾル生成器 6 2 4 は、光の散乱現象の原因となる固体粒子、液体粒子および/または同様の特性を有する種々の粒子を供給、混合したエアロゾルを生成する装置であって、生成したエアロゾルをガスミキサー 6 2 1 に向けて送り出せるように構成されている。ガス流量計 6 2 5 は、ガスミキサー 6 2 1 および大気モデルチャンバー 6 1 の間に配置されており、ガスミキサー 6 2 1 から大気モデルチャンバー 6 1 へ流れる気体の量を測定する。パーティクルカウンター 6 2 6 は、ガスミキサー 6 2 1 および大気モデルチャンバー 6 1 の間に配置されており、ガスミキサー 6 2 1 から大気モデルチャンバー 6 1 へ流れる気体に含まれるエアロゾルの粒子数を数える。ガス流量調節バルブ 6 2 7 は、ガスミキサー 6 2 1 および大気モデルチャンバー 6 1 の間に配置されており、ガスミキサー 6 2 1 から大気モデルチャンバー 6 1 へ流れる気体の流速を調節したり、機体の流れを止めたりすることが出来るように構成されている。一実施形態では、ガスミキサー 6 2 1 と、ガス流量計 6 2 5 と、パーティクルカウンター 6 2 6 と、ガス流量調節バルブ 6 2 7 と、大気モデルチャンバー 6 1 とは、ガスミキサー 6 2 1 から大気モデルチャンバー 6 1 へ流れる気体がこの順番に通るように接続されている。

10

【 0 0 2 7 】

20

測定装置 6 4 は、強度分布観測用カメラ 6 4 2 と、散乱光観測用カメラ 6 4 3 と、スクリーン 6 4 4 と、モニタ装置 6 4 5 とを備えている。

【 0 0 2 8 】

スクリーン 6 4 4 は、大気モデルチャンバー 6 1 を通過した大気特性取得用レーザ光 2 1 0 を照射されることでビームスポット 7 1 が生じることによって、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 の強度分布を可視化出来るように構成されている。強度分布観測用カメラ 6 4 2 は、スクリーン 6 4 4 に生じたビームスポット 7 1 を観測することによって、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 の強度分布を取得できるように構成されている。散乱光観測用カメラ 6 4 3 は、大気モデルチャンバー 6 1 の内部を観測することによって、真空状態または所定の大気モデルが再現された状態において大気特性取得用レーザ光 2 1 0 が散乱した散乱光の強度を取得できるように構成されている。モニタ装置 6 4 5 は、強度分布観測用カメラ 6 4 2 および散乱光観測用カメラ 6 4 3 が観測した結果または取得した各種情報を入力して外部に向けて表示できるように構成されている。

30

【 0 0 2 9 】

一実施形態による光学システム 1 A の一動作例、すなわち一実施形態による光学補正方法について説明する。

【 0 0 3 0 】

図 3 は、一実施形態による照射方法の一構成例を示すフローチャートである。図 3 のフローチャートには、第 1 ステップ S 0 1 ~ 第 5 ステップ S 0 5 の合計 5 つのステップが含まれている。図 3 のフローチャートが開始すると、第 1 ステップ S 0 1 が実行される。

40

【 0 0 3 1 】

第 1 ステップ S 0 1 では、真空状態の大気モデルチャンバー 6 1 を用いて、この大気モデルチャンバー 6 1 を通過した大気特性取得用レーザ光 2 1 0 の強度分布を測定する。

【 0 0 3 2 】

まず、真空ポンプ 6 5 を用いて大気モデルチャンバー 6 1 の内部を真空状態にする。この真空状態は、例えば、気圧が 1 0 キロパスカル以下であることを意味する。

【 0 0 3 3 】

図 4 A は、一実施形態による大気特性取得用レーザ光 2 1 0 の一状態例を示す図である。大気モデルチャンバー 6 1 は、本体 6 1 1 と、第 1 窓 6 1 2 と、第 2 窓 6 1 3 とを備える。本体 6 1 1 は、気密性を有しており、大気モデルチャンバー 6 1 の内部空間を外部か

50

ら隔離する。本体 6 1 1 は、真空に対する耐久性を有する。

【 0 0 3 4 】

第 1 窓 6 1 2 は、本体 6 1 1 の外部から内部へ大気特性取得用レーザ光 2 1 0 が入射できるように構成されている。第 2 窓 6 1 3 は、本体 6 1 1 の内部から外部へ大気特性取得用レーザ光 2 1 0 が出射できるように構成されている。第 1 窓 6 1 2 および第 2 窓 6 1 3 は、第 1 窓 6 1 2 から入射した大気特性取得用レーザ光 2 1 0 が、第 2 光路 5 2 に沿って本体 6 1 1 の内部を通り、第 2 窓 6 1 3 から出射できるように配置されている。なお、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 のうち、第 1 窓 6 1 2 および / または第 2 窓 6 1 3 によって反射しても、この反射光が大気特性取得用レーザ光源 2 1 に戻らないように、光軸に対して適宜な角度を有していることが好ましい。また、第 1 窓 6 1 2 および第 2 窓 6 1 3 は、同様に構成されていてもよいし、互いの役割を交換出来てもよい。

10

【 0 0 3 5 】

次に、大気特性取得用レーザ光源 2 1 が大気特性取得用レーザ光 2 1 0 を生成する。大気特性取得用レーザ光 2 1 0 は、ビーム径調整機構 6 3 を通過することによって、ビーム径が調整される。言い換えれば、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 は、ビーム径調整機構 6 3 を通過することによって、強度分布が調整される。ビーム径調整機構 6 3 を通過した大気特性取得用レーザ光 2 1 0 は、第 1 窓 6 1 2 を介して大気モデルチャンバー 6 1 の内部に入射する。第 1 窓 6 1 2 から入射した大気特性取得用レーザ光 2 1 0 は、真空状態の大気モデルチャンバー 6 1 の内部を通過し、第 2 窓 6 1 3 を介して外側に出射し、スクリーン 6 4 4 に照射される。

20

【 0 0 3 6 】

第 1 窓 6 1 2 から入射する前の大気特性取得用レーザ光 2 1 0 を、区別のために入射前レーザ光 2 1 0 A と呼ぶ。また、第 2 窓 6 1 3 から出射した後の大気特性取得用レーザ光 2 1 0 を、区別のために出射後レーザ光 2 1 0 B と呼ぶ。入射前レーザ光 2 1 0 A および出射後レーザ光 2 1 0 B を大気特性取得用レーザ光 2 1 0 と総称する。

【 0 0 3 7 】

スクリーン 6 4 4 の表面のうち、出射後レーザ光 2 1 0 B が照射された部分には、ビームスポット 7 1 が生じる。強度分布観測用カメラ 6 4 2 は、ビームスポット 7 1 を観測することによって、出射後レーザ光 2 1 0 B の強度分布を測定する。強度分布観測用カメラ 6 4 2 は、測定結果を図示しない記憶装置に格納しても良いし、制御装置 3 4 に向けて送信しても良い。

30

【 0 0 3 8 】

散乱光観測用カメラ 6 4 3 は、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 が大気モデルチャンバー 6 1 の内部で散乱する様子を観測する。散乱光観測用カメラ 6 4 3 は、観測結果を図示しない記憶装置に格納しても良いし、制御装置 3 4 に向けて送信しても良い。第 1 ステップ S 0 1 の次には、第 2 ステップ S 0 2 が実行される。

【 0 0 3 9 】

第 2 ステップ S 0 2 では、第 1 光路 5 1 における大気環境を内部に再現した状態の大気モデルチャンバー 6 1 を用いて、この大気モデルチャンバー 6 1 を通過した大気特性取得用レーザ光 2 1 0 の強度分布を測定する。

40

【 0 0 4 0 】

まず、大気環境再現装置 6 2 を用いて、大気モデルチャンバー 6 1 の内部に、第 1 光路 5 1 における大気環境を再現する。一実施形態では、大気取り込み口 6 2 2 およびガス流量調節バルブ 6 2 7 を介して、光路大気を大気モデルチャンバー 6 1 の内部に送り込む。ここで、大気モデルチャンバー 6 1 の内部が、直前の第 1 ステップ S 0 1 の真空状態に保たれていれば、ガス流量調節バルブ 6 2 7 を開くだけで第 1 光路 5 1 の周囲の大気が大気モデルチャンバー 6 1 の内部に流入する。なお、大気取り込み口 6 2 2 およびガス流量調節バルブ 6 2 7 の間には、ガス流量計 6 2 5 およびパーティクルカウンター 6 2 6 が配置されていても良い。大気取り込み口 6 2 2 およびガス流量調節バルブ 6 2 7 の間には、ガスミキサー 6 2 1 がさらに配置されていても良い。一実施形態では、大気取り込み口 6 2

50

2 から取り込んだ光路大気に、標準大気容器 6 2 3 に格納されている標準大気や、エアロゾル生成器 6 2 4 で生成される各種粒子などを、ガスミキサー 6 2 1 で混合し、この混合によって生成された混合気体を大気モデルチャンバー 6 1 の内部に流入しても良い。言い換えれば、混合気体は、第 1 光路 5 1 における大気環境を、第 2 光路 5 2 に配置された大気モデルチャンバー 6 1 の内部で、より高い精度で再現するために、標準大気や、粒子などを、第 1 光路 5 1 の周囲の大気に混合することで得られる。一実施形態では、大気取り込み口 6 2 2 を使用せずに、標準大気および各種粒子を混合するだけで、大気モデルチャンバー 6 1 に向けて送り込む混合気体を生成しても良い。以降、大気モデルチャンバー 6 1 の内部に存在する、第 1 光路 5 1 の周囲の大気および / または混合気体を、大気環境再現気体と総称する。

10

【 0 0 4 1 】

次に、第 1 ステップ S 0 1 の場合と同様に、大気特性取得用レーザ光源 2 1 によって生成され、ビーム径調整機構 6 3 によってビーム径および強度分布を調整された大気特性取得用レーザ光 2 1 0 が、第 1 窓 6 1 2 から大気モデルチャンバー 6 1 の内部に入射する。第 1 窓 6 1 2 から入射した大気特性取得用レーザ光 2 1 0 は、大気モデルチャンバー 6 1 の内部に存在する大気環境再現気体を通過し、第 2 窓 6 1 3 から出射し、スクリーン 6 4 4 に照射される。ここで、第 2 窓 6 1 3 から出射した後の大気特性取得用レーザ光 2 1 0 を、区別のために出射後レーザ光 2 1 0 C と呼ぶ。なお、第 1 窓 6 1 2 から入射する前の大気特性取得用レーザ光 2 1 0 は、第 1 ステップ S 0 1 の場合と同様に、入射前レーザ光 2 1 0 A と呼ぶ。言い換えれば、入射前レーザ光 2 1 0 A および出射後レーザ光 2 1 0 C を大気特性取得用レーザ光 2 1 0 と総称する。

20

【 0 0 4 2 】

図 4 B は、一実施形態による大気特性取得用レーザ光 2 1 0 の一状態例を示す図である。スクリーン 6 4 4 の表面のうち、出射後レーザ光 2 1 0 C が照射された部分には、ビームスポット 7 2 が現れる。図 4 B では、ビームスポット 7 2 の形状が、図 4 A に示したビームスポット 7 1 と比較して、大気環境再現気体によるサーマルブルーミング効果などによって乱れている場合の一例を示している。強度分布観測用カメラ 6 4 2 は、ビームスポット 7 2 を観測することによって、出射後レーザ光 2 1 0 C の強度分布を測定する。強度分布観測用カメラ 6 4 2 は、測定結果を図示しない記憶装置に格納しても良いし、制御装置 3 4 に向けて送信しても良い。

30

【 0 0 4 3 】

散乱光観測用カメラ 6 4 3 は、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 が大気モデルチャンバー 6 1 の内部の大気環境再現気体によって散乱する様子を観測する。散乱光観測用カメラ 6 4 3 は、観測結果を図示しない記憶装置に格納しても良いし、制御装置 3 4 に向けて送信しても良い。第 2 ステップ S 0 2 の次には、第 3 ステップ S 0 3 が実行される。

【 0 0 4 4 】

第 3 ステップ S 0 3 では、第 1 ステップ S 0 1 および第 2 ステップ S 0 2 で得られた 2 つの測定結果を比較する。すなわち、一方では、強度分布観測用カメラ 6 4 2 の測定結果である、出射後レーザ光 2 1 0 B、2 1 0 C の強度分布を比較する。また、他方では、散乱光観測用カメラ 6 4 3 の測定結果である、大気特性取得用レーザ光 2 1 0 の散乱を比較する。これらの比較は、図示しない記憶装置および演算装置が行っても良いし、制御装置 3 4 が行っても良い。

40

【 0 0 4 5 】

これらの比較を行うことで、大気環境再現気体によるレーザ光への影響を、大気モデルチャンバー 6 1 を含む大気特性取得システム 2 による影響を除外して算出することが出来る。言い換えれば、真空状態と、大気環境再現状態における測定結果を比較することによって、大気環境再現気体によるサーマルブルーミング効果の影響のみを抽出することが可能となる。

【 0 0 4 6 】

また、第 2 光路 5 2 に配置された大気モデルチャンバー 6 1 による、大気特性取得用レ

50

ーザ光 210 への影響から、第 1 光路 51 の大気環境による、高出力レーザ光への影響を算出することも、比較的容易に出来る。これらの算出は、第 1 光路 51 および第 2 光路 52 の長さの違い、大気特性取得用レーザ光 210 および高出力レーザの間の強度および強度分布の違いなどの既知の情報に基づいて行うことが出来る。このようにして算出された結果は、制御装置 34 に格納される。第 3 ステップ S03 の次には、第 4 ステップ S04 が実行される。

【0047】

第 4 ステップ S04 では、制御装置 34 が、第 3 ステップ S03 の比較結果に基づいて、波面補正光学系 33 を制御する。言い換えれば、高出力レーザ光が波面補正光学系 33 で反射し、照射光学系 36 を通過し、第 1 光路 51 を伝搬し、ターゲット 4 に到達するとき、この高出力レーザ光の波面が理想的な状態に近づくように、制御装置 34 は波面補正光学系 33 を制御する。さらに言い換えれば、高出力レーザ光が第 1 光路 51 に存在する大気を伝搬することによって発生するサーマルブルーミング効果を打ち消すように、制御装置 34 は波面補正光学系 33 を制御する。

10

【0048】

一実施形態では、制御装置 34 は、波面補正光学系 33 を、ゼルニケ近似多項式を用いて制御する。言い換えれば、制御装置 34 は、第 3 ステップ S03 で得られた算出結果を、ゼルニケ近似多項式として扱える形式に変換した上で、波面補正光学系 33 を制御する。

【0049】

制御装置 34 は、第 3 ステップ S03 の比較結果の他に、気象計 35 で取得された気象情報にさらに基づいて、波面補正光学系 33 を制御してもよい。波面補正光学系 33 の制御に用いられる気象情報には、例えば、気温、湿度、気圧、風速などのうち、一部または全てが含まれてもよい。第 4 ステップ S04 の次には、第 5 ステップ S05 が実行される。

20

【0050】

第 5 ステップ S05 では、高出力レーザ光源 31 が高出力レーザ光を出力する。出力された高出力レーザ光は、まず、ミラー 32 を介して波面補正光学系 33 に向かう。図 1 に示した実施形態では、波面補正光学系 33 で反射される直前の高出力レーザ光の波面を、波面 37A として示している。波面 37A の形状は、高出力レーザ光源 31 およびミラー 32 の特性によって決定されるので、既知である。

【0051】

高出力レーザ光は、次に、波面補正光学系 33 で反射される。このとき、波面補正光学系 33 は、第 4 ステップ S04 において予め、制御装置 34 によって制御されている。したがって、波面補正光学系 33 で反射された直後における高出力レーザ光の波面 37B は、反射直前の波面 37A から変化することが予想される。

30

【0052】

高出力レーザ光は、次に、照射光学系 36 および第 1 光路 51 を介してターゲット 4 に向かう。高出力レーザ光は、第 1 光路 51 を伝搬する際に、この第 1 光路 51 に存在する大気などによるサーマルブルーミング効果によって、その波面の形状が変化する。この変化の結果として、ターゲット 4 に到達する直前の高出力レーザ光の波面 37C が、ターゲット 4 へのエネルギー伝搬の観点から理想的な形状を有するように、波面補正光学系 33 は制御装置 34 によって制御されている。波面 37C の理想的な形状とは、例えば、ターゲット 4 の表面上の一点に収束するような形状であり、この集束点を中心とした球面を有していても良い。または、例えば、波面 37C の理想的な形状は、ターゲット 4 の表面の一部である平面に照射されるような形状であり、この部分平面に平行な平面形状を有していても良い。

40

【0053】

第 5 ステップ S05 が完了すると、図 3 のフローチャートは終了する。なお、第 5 ステップ S05 の後に第 1 ステップ S01 ~ 第 5 ステップ S05 を繰り返しても良い。ただし、第 1 ステップ S01 で得られた測定結果に変化が無いと考えられる場合には、第 5 ステップ S05 の後に第 2 ステップ S02 ~ 第 5 ステップ S05 を繰り返しても良い。このよ

50

うな場合でも、第2ステップS 0 2を開始する前に、真空ポンプ6 5を用いて、大気モデルチャンバー6 1の内部に存在する大気環境再現気体を外部に排出することが好ましい。

【0 0 5 4】

高出力レーザ光は、パルス状に出力されても良いし、連続的に出力されても良い。言い換えれば、第5ステップS 0 5は、複数回実行されても良いし、一度に長時間に渡って実行されても良い。いずれの場合も、第1光路5 1における大気環境は、時間と共に変動することが考えられる。そこで、第5ステップS 0 5を実行する頻度や時間の長さなどとは無関係な頻度で、第1ステップS 0 1～第4ステップS 0 4を繰り返し実行しても良い。こうすることによって、大気環境の変動に伴うサーマルブルーミング効果の変動に対応して波面補正光学系3 3を制御し続けることが出来る。

10

【0 0 5 5】

(第2実施形態)

図5は、一実施形態による光学システム1 Bの一構成例を示す図である。図5に示した光学システム1 Bは、図1に示した光学システム1 Aと比較して、以下の点が異なる。

【0 0 5 6】

第1の相違点として、図5の光学システム1 Bは、図1の光学システム1 Aが備える大気特性取得用レーザ光源2 1および高出力レーザ光源3 1の代わりに、兼用レーザ光源3 1 Aを備えている。兼用レーザ光源3 1 Aは、大気特性取得用レーザ光源2 1としての動作と、高出力レーザ光源3 1としての動作とを、切り替え可能に構成されている。言い換えれば、兼用レーザ光源3 1 Aは、高出力レーザ光を出力する機能と、大気特性取得用レーザ光2 1 0を出力する機能とを、切り替え可能に有している。さらに言い換えれば、兼用レーザ光源3 1 Aは、出力するレーザ光の強度を切り替えられるように構成されている。兼用レーザ光源3 1 Aが出力するレーザ光の強度の切り替えは、制御装置3 4の制御下で行われても良いし、図示しない他の制御系の制御下で行われても良いし、利用者の操作によって行われても良い。

20

【0 0 5 7】

第2の相違点として、図5に示した光学システム1 Bは、図1に示したミラー3 2 Bの代わりに、切替ミラー3 2 Cを備えている。切替ミラー3 2 Cは、兼用レーザ光源3 1 Aから出力される大気特性取得用レーザ光2 1 0を大気特性取得装置2 2に向けて反射する第1状態と、兼用レーザ光源3 1 Aから出力される高出力レーザ光を波面補正光学系3 3に向けて反射する第2状態とを、切り替え可能に構成されている。なお、図5の光学システム1 Bは、切替ミラー3 2 Cの第1状態および第2状態を切り替えるように構成された、図示しない切替装置をさらに備えている。

30

【0 0 5 8】

本実施形態による光学システム1 Bの動作は、図1に示した光学システム1 Aの動作と比較して、以下の点が異なる。

【0 0 5 9】

第1の相違点として、図3に示したフローチャートの第1ステップS 0 1を開始する前に、切替ミラー3 2 Cを第1状態に切り替える動作を行う。また、第1ステップS 0 1を実行する際に、図1の大気特性取得用レーザ光源2 1が大気特性取得用レーザ光2 1 0を出力する代わりに、図5の兼用レーザ光源3 1 Aが大気特性取得用レーザ光2 1 0を出力する。

40

【0 0 6 0】

第2の相違点として、図3に示したフローチャートの第2ステップS 0 2を開始する前に、切替ミラー3 2 Cを第2状態に切り替える動作を行う。また、第2ステップS 0 2を実行する際に、図1の高出力レーザ光源3 1が高出力レーザ光を出力する代わりに、図5の兼用レーザ光源3 1 Aが高出力レーザ光を出力する。

【0 0 6 1】

本実施形態の他の構成および他の動作は、図1に示した実施形態と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

50

【 0 0 6 2 】

本実施形態では、図 1 に示した実施形態と比較して、同じ作用効果を保ちながら、レーザー光源を 1 つ省略することが出来る。

【 0 0 6 3 】

(第 3 実施形態)

図 6 は、一実施形態による光学システム 1 C の一構成例を示す図である。図 6 に示した光学システム 1 C は、図 5 に示した光学システム 1 B と比較して、以下の点が異なる。

【 0 0 6 4 】

第 1 の相違点として、図 6 の光学システム 1 C は、切替ミラー 3 2 C の代わりに、図 1 の光学システム 1 A が備えるミラー 3 2 B を、図 1 と同じ場所に備えている。

10

【 0 0 6 5 】

第 2 の相違点として、図 6 の光学システム 1 C では、大気特性取得装置 2 2 が、ミラー 3 2 B および波面補正光学系 3 3 の間に配置されている。このときも、大気特性取得装置 2 2 が配置されている第 2 光路 5 2 が、照射光学系 3 6 およびターゲット 4 の間に存在する第 1 光路 5 1 から離れていることに注目されたい。

【 0 0 6 6 】

本実施形態による光学システム 1 C の動作は、図 5 に示した光学システム 1 B の動作と比較して、以下の点が異なる。

【 0 0 6 7 】

第 1 の相違点として、図 3 に示したフローチャートの第 1 ステップ S 0 1 および第 2 ステップ S 0 2 を開始する前に、切替ミラー 3 2 C の切り替え動作を行う必要が無い。

20

【 0 0 6 8 】

第 2 の相違点として、図 3 に示したフローチャートの第 5 ステップ S 0 5 を実行する際に、高出力レーザー光は、大気特性取得装置 2 2 を通過する。特に、高出力レーザー光は、大気モデルチャンバー 6 1 の内部を通過する。このとき、高出力レーザー光は第 1 窓 6 1 2 から入射して第 2 窓 6 1 3 から出射するので、第 1 窓 6 1 2 および第 2 窓 6 1 3 は、高出力レーザー光に対する耐久性を有するように構成されている。

【 0 0 6 9 】

また、第 5 ステップ S 0 5 を実行する際に、大気モデルチャンバー 6 1 による高出力レーザー光への影響を最小化するために、大気モデルチャンバー 6 1 の内部は真空であることが好ましい。言い換えれば、第 5 ステップ S 0 5 を実行する前に、真空ポンプ 6 5 を用いて大気モデルチャンバー 6 1 の内部を真空にすることが好ましい。ただし、第 2 光路 5 2 に含まれる大気モデルチャンバー 6 1 の、第 2 光路 5 2 の方向の長さが、照射光学系 3 6 からターゲット 4 に到る第 1 光路 5 1 の長さに対して無視出来るほど短い場合は、大気モデルチャンバー 6 1 による高出力レーザー光への影響も無視出来ると考えられる。この影響は、大気モデルチャンバー 6 1 の内部に、第 1 光路 5 1 の大気環境が再現されていることから、無視することが容易であると考えられる。したがって、このような場合は、第 5 ステップ S 0 5 を実行する前に、真空ポンプ 6 5 を用いて大気モデルチャンバー 6 1 の内部を真空にする動作は省略可能である。

30

【 0 0 7 0 】

さらに、第 5 ステップ S 0 5 を実行する際に、大気特性取得装置 2 2 に含まれるスクリーン 6 4 4 が、高出力レーザー光の伝搬を遮ったり、反対に高出力レーザー光によって破損したりすることが考えられる。そこで、光学システム 1 C は、第 1 ステップ S 0 1 および第 2 ステップ S 0 2 と、第 5 ステップ S 0 5 との間で、スクリーン 6 4 4 を移動するための図示しない機構を、さらに備えても良い。

40

【 0 0 7 1 】

または、大気特性取得用レーザー光 2 1 0 の一部をサンプリングできるサンプラーを、スクリーン 6 4 4 の代わりに設けても良い。この場合は、第 2 ステップ S 0 2 において、強度分布観測用カメラ 6 4 2 は、スクリーン 6 4 4 の代わりにサンプラーを観測することで、出射後レーザー光 2 1 0 B の強度分布を測定する。

50

【 0 0 7 2 】

本実施形態の他の構成および他の動作は、図 5 に示した実施形態と同様であるので、さらなる詳細な説明を省略する。

【 0 0 7 3 】

本実施形態では、図 5 に示した実施形態と比較して、同じ作用効果を保ちながら、切替ミラー 3 2 C を省略することが出来る。

【 0 0 7 4 】

以上、発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。また、前記実施の形態に説明したそれぞれの特徴は、技術的に矛盾しない範囲で自由に組み合わせることが可能である。

10

【符号の説明】

【 0 0 7 5 】

1 A ~ 1 C 光学システム

2 大気特性取得システム

2 1 大気特性取得用レーザ光源

2 1 0 大気特性取得用レーザ光

2 1 0 A 入射前レーザ光

2 1 0 B 出射後レーザ光

2 1 0 C 出射後レーザ光

20

2 2 大気特性取得装置

3 照射装置

3 1 高出力レーザ光源

3 1 A 兼用レーザ光源

3 2 A、3 2 B ミラー

3 2 C 切替ミラー

3 3 波面補正光学系

3 4 制御装置

3 5 気象計

3 6 照射光学系

30

3 7 A 波面

3 7 B 波面

3 7 C 波面

4 ターゲット

5 1 第 1 光路

5 2 第 2 光路

6 1 大気モデルチャンバー

6 1 1 本体

6 1 2 第 1 窓

6 1 3 第 2 窓

40

6 2 大気環境再現装置

6 2 1 ガスミキサー

6 2 2 大気取り込み口

6 2 3 標準大気容器

6 2 4 エアロゾル生成器

6 2 5 ガス流量計

6 2 6 パーティクルカウンター

6 2 7 ガス流量調節バルブ

6 3 ビーム径調整機構

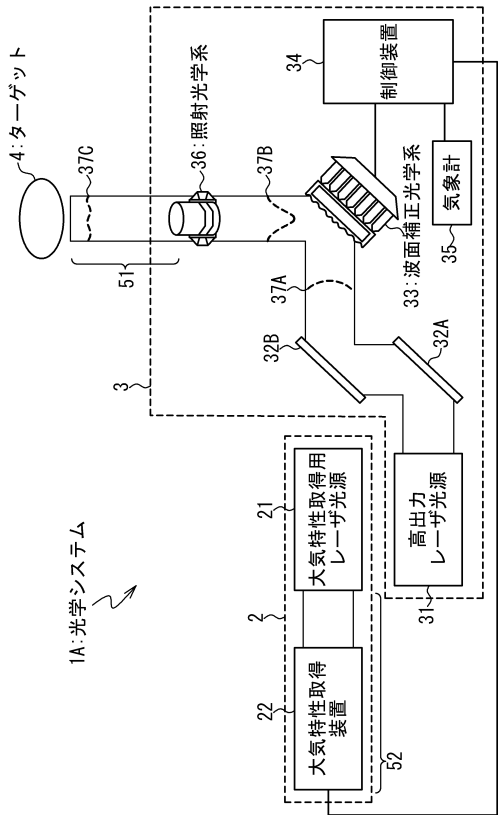
6 4 測定装置

50

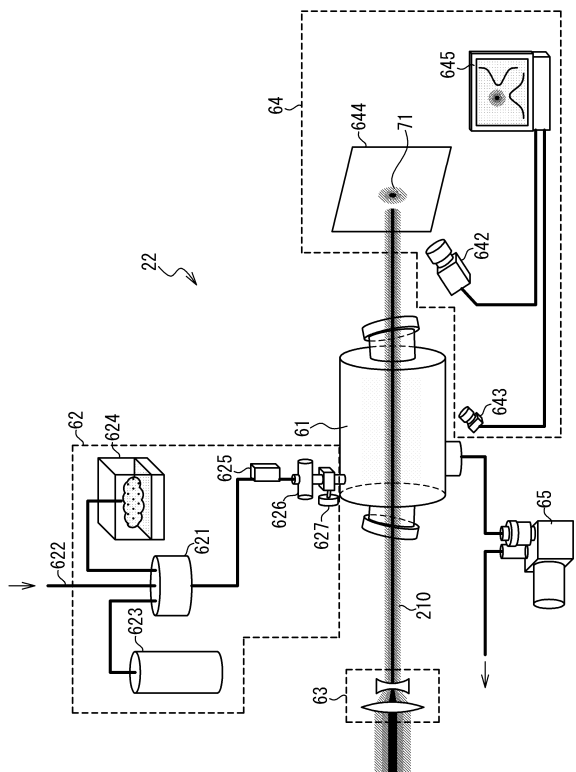
- 6 4 2 強度分布観測用カメラ
- 6 4 3 散乱光観測用カメラ
- 6 4 4 スクリーン
- 6 4 5 モニタ装置
- 6 5 真空ポンプ
- 7 1 ビームスポット
- 7 2 ビームスポット

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

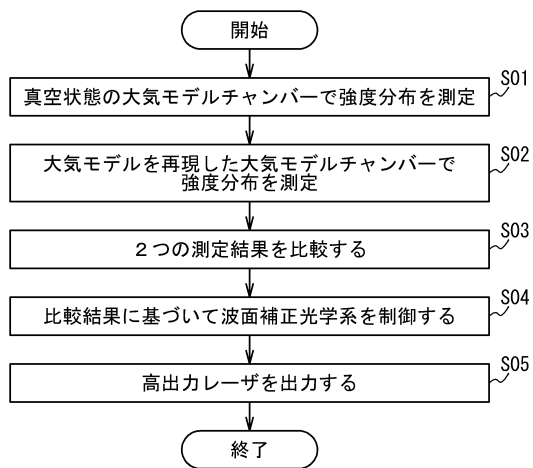
20

30

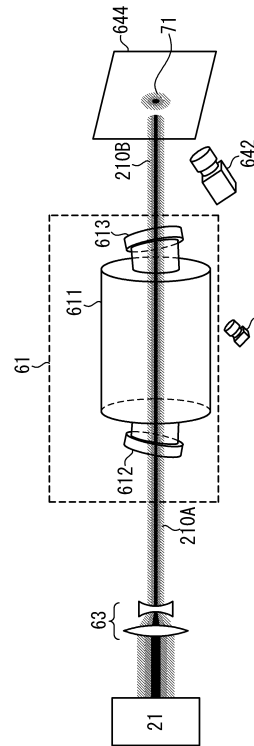
40

50

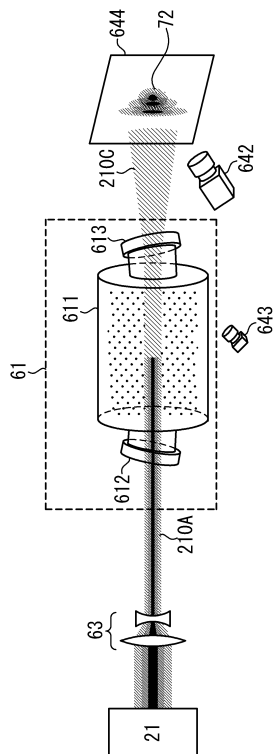
【 図 3 】



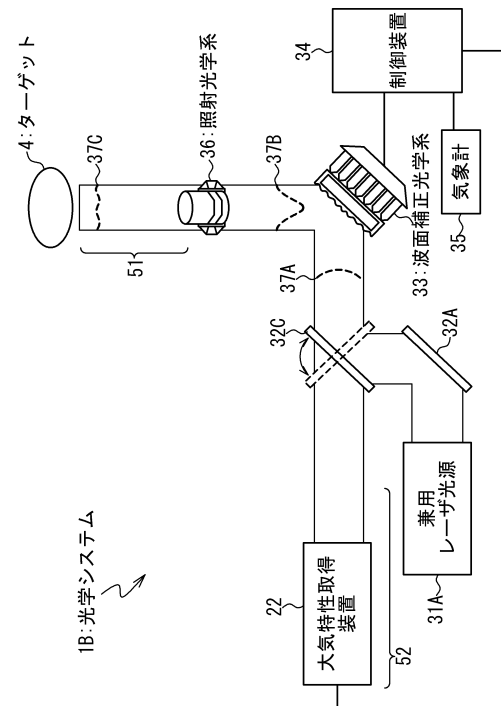
【 図 4 A 】



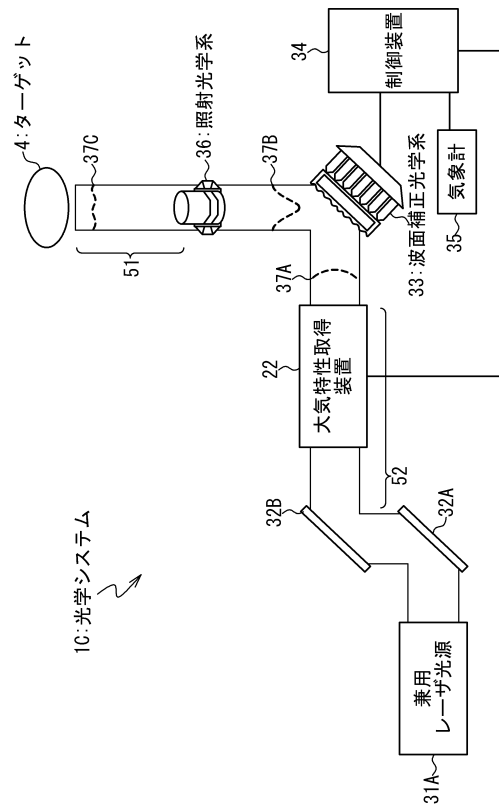
【 図 4 B 】



【 図 5 】



【 図 6 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (74)代理人 100172524
弁理士 長田 大輔
- (74)代理人 100205350
弁理士 狩野 芳正
- (74)代理人 100117617
弁理士 中尾 圭策
- (72)発明者 岩清水 優
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 醍醐 浩之
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 西方 伸吾
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 益川 一範
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 落合 敦司
東京都台東区上野一丁目 1 番 1 0 号 オリックス上野 1 丁目ビル 株式会社メイテック内
- (72)発明者 戎崎 俊一
埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 国立研究開発法人理化学研究所内
- (72)発明者 和田 智之
埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 国立研究開発法人理化学研究所内
- (72)発明者 滝澤 慶之
埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 国立研究開発法人理化学研究所内
- (72)発明者 丸山 真幸
埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 国立研究開発法人理化学研究所内
- (72)発明者 本越 伸二
大阪府大阪市西区靱本町一丁目 8 番 4 号 公益財団法人レーザー技術総合研究所内
- 審査官 右田 昌士
- (56)参考文献 特開 2 0 1 7 - 1 5 7 7 3 7 (J P , A)
特開平 0 5 - 1 3 6 5 0 9 (J P , A)
特表 2 0 1 8 - 5 2 5 8 4 5 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 5 / 0 8 3 5 0 8 (W O , A 1)
特開 2 0 0 3 - 1 8 1 6 6 1 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 5 / 1 2 8 9 4 3 (W O , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 0 1 8 6 1 4 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 0 2 8 1 9 8 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 2 5 8 7 5 2 (U S , A 1)
特開平 0 1 - 2 8 0 2 7 2 (J P , A)
特表 2 0 0 4 - 5 3 5 1 2 0 (J P , A)
欧州特許出願公開第 0 3 1 7 9 2 6 7 (E P , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 S 3 / 0 0 - 3 / 3 0
G 0 1 W 1 / 0 0
G 0 2 B 2 6 / 0 0 - 2 6 / 0 8
G 0 1 N 2 1 / 0 0 - 2 1 / 0 1
G 0 1 N 2 1 / 1 7 - 2 1 / 6 1
G 0 1 S 7 / 4 8 - 7 / 5 1
G 0 1 S 1 7 / 0 0 - 1 7 / 9 5