

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5604447号  
(P5604447)

(45) 発行日 平成26年10月8日(2014.10.8)

(24) 登録日 平成26年8月29日(2014.8.29)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>H O 1 S</b>	<b>3/086</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H O 1 S</b> 3/086
<b>H O 1 S</b>	<b>3/041</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H O 1 S</b> 3/04 G
<b>G O 2 B</b>	<b>5/08</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G O 2 B</b> 5/08 Z

請求項の数 19 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-545367 (P2011-545367)	(73) 特許権者	500097197
(86) (22) 出願日	平成21年12月22日 (2009.12.22)		コヒーレント・インク
(65) 公表番号	特表2012-514869 (P2012-514869A)		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 95
(43) 公表日	平成24年6月28日 (2012.6.28)		054、サンタ・クララ、パトリック・ヘ
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/069194		ンリー・ドライブ 5100
(87) 国際公開番号	W02010/080650	(74) 代理人	100071010
(87) 国際公開日	平成22年7月15日 (2010.7.15)		弁理士 山崎 行造
審査請求日	平成24年10月1日 (2012.10.1)	(74) 代理人	100118647
(31) 優先権主張番号	61/143, 238		弁理士 赤松 利昭
(32) 優先日	平成21年1月8日 (2009.1.8)	(74) 代理人	100138438
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 尾首 亘聰
(31) 優先権主張番号	12/464, 442	(74) 代理人	100138519
(32) 優先日	平成21年5月12日 (2009.5.12)		弁理士 奥谷 雅子
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100123892
			弁理士 内藤 忠雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザーのミラーの過渡加熱の補償

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザービームを反射するためのミラー構造体であって、その表面にレーザービームを反射するための湾曲反射面が形成されたボディを備え、前記湾曲反射面が使用中にレーザービームによって加熱され、加熱による前記湾曲反射面の歪みを最小にするために、前記ボディの熱中立平面の位置が前記湾曲反射面の位置にほぼ一致するように前記ボディが構成される、ミラー構造体。

【請求項 2】

前記ボディが、前記湾曲反射面が形成される中央部と、中央部の両側に位置するサイド部とを備え、前記サイド部が前記反射面の前後に延び出す、請求項 1 のミラー構造体。

10

【請求項 3】

前記反射面が凹面である、請求項 1 のミラー構造体。

【請求項 4】

前記熱中立平面が、前記反射面の両端部にほぼ一致する位置と、前記反射面の中心にほぼ接する位置との間に位置する、請求項 3 のミラー構造体。

【請求項 5】

前記ミラーボディに冷媒流体を循環させるための流路が形成された、請求項 1 のミラー構造体。

【請求項 6】

レーザービームを反射するためのミラー構造体において、

20

レーザービームを反射するための湾曲前面であって、使用中にレーザービームによって加熱される湾曲前面を有する長尺のミラー部材と；

前記ミラー部材の上面と底面に沿って取り付けられる一対の長尺の熱平衡化部材であって、各熱平衡化部材の前部が前記ミラー部材の湾曲前面よりも前方へ向けて延び出す一対の長尺の熱平衡化部材とを備え、

前記加熱による前記湾曲前面の変形を最小にするために、前記ミラー構造体の熱中立平面が前記湾曲前面に近接した位置になるように前記熱平衡化部材が構成される、ミラー構造体。

【請求項 7】

前記熱平衡化部材の 1 つがその後面に、前記ミラー構造体をレーザーのミラーフランジに接続するための取付けボスを備える、請求項 6 のミラー構造体。

10

【請求項 8】

前記ミラー構造体と前記フランジとの間の熱的接続を最小にするために、前記取付けボスの長さが前記熱平衡化部材の長さより顕著に短い、請求項 7 のミラー構造体。

【請求項 9】

前記熱平衡化部材が流体で冷却される、請求項 6 のミラー構造体。

【請求項 10】

前記ミラー部材が矩形の断面形状を有し、前記熱平衡化部材が前部の厚みの方が後部の厚みより大きい L 字型の断面形状を有するとともに、厚みの大きい前記前部が前記ミラー部材の反射面を超えて延び出す、請求項 6 のミラー構造体。

20

【請求項 11】

レーザービームを反射するためのミラー構造体において、

長尺で断面が矩形のセンター部材であって、レーザービームを反射するための長尺の凹面反射面を有し、前記反射面が予め決められた曲率を有し、前記反射面が使用中にレーザービームによって加熱されるセンター部材と；

前記センター部材の上面と下面に取り付けられる長尺の第 1 及び第 2 サイド部材であって、各サイド部材が長尺の薄肉部と長尺の厚肉部とからなる L 字型断面を有する第 1 及び第 2 サイド部材とを備え、

各サイド部材の前記厚肉部が前記センター部材の凹面反射面を超えて前方へ延び出し、

加熱による前記反射面の曲率の変化を最小にするために、ミラー構造体の熱中立平面が前記凹面反射面に近接した位置となるように前記センター部材と各サイド部材が構成される、ミラー構造体。

30

【請求項 12】

前記熱中立平面が、前記凹面反射面の両端部にほぼ一致する位置と、前記凹面反射面の頂点にほぼ接する位置との間に位置する、請求項 11 のミラー構造体。

【請求項 13】

前記サイド部材の 1 つがその後面に、前記ミラー構造体をレーザーのミラーフランジに接続するための取付けボスを備える、請求項 11 のミラー構造体。

【請求項 14】

前記ミラー構造体と前記フランジとの間の熱的接続を最小にするために、前記取付けボスの長さが熱平衡化部材の長さより顕著に短い、請求項 13 のミラー構造体。

40

【請求項 15】

熱平衡化部材が流体で冷却される、請求項 11 のミラー構造体。

【請求項 16】

前記センター部材及び前記サイド部材が同じ材料から作られる、請求項 11 のミラー構造体。

【請求項 17】

前記センター部材及び前記サイド部材の材料が銅である、請求項 16 のミラー構造体。

【請求項 18】

さらに反射面の曲率半径の加熱による変化を小さくするために、サイド部材が第 1 材料

50

から作られ、第1材料とは異なる第2材料のストリップが各サイド部材の前方表面に取り付けられる、請求項11のミラー構造体。

【請求項19】

サイド部材が銅から作られ、ストリップがステンレススチールから作られる、請求項18のミラー構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明はガス放電レーザーに関する。特にこの発明は、密閉された高出力の拡散冷却二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )スラブレザーのミラーの設計及び構造に関する。

10

【背景技術】

【0002】

$\text{CO}_2$ スラブレザーは、 $\text{CO}_2$ 及び不活性ガスを含むレーザーガス混合物を保有する密閉された筐体内に設けられる、一対の矩形で平坦な金属性電極を備える。

【0003】

電極は互いに平行で、互いに近接して配置されて、スラブ形状の放電領域を画成する。RF電源を用いてガス混合物を励起させ、レーザー光を発生させる。このようなレーザーの説明は、本願に参照として組み込む本願出願人の米国特許第5,140,606号に記載されている。

【0004】

20

通常このタイプのレーザーはハイブリッド光学共振器を備える。この共振器は、平行で離間した電極の幅次元において不安定共振器であり、電極面に垂直な次元において導波路タイプ共振器である。不安定共振器の初期のモデルはポジティブブランチ不安定共振器であった。その後のモデルでは、ネガティブブランチ不安定共振器が好まれている。

【0005】

ポジティブブランチ不安定共振器の設計は、ネガティブブランチ不安定共振器より一段と調整が困難であったが、共振器のミラーの曲率の変化により生じる出力ビーム指向性の変動は小さかった。共振器のミラーの曲率の変化は、ミラーの温度変化の結果生じる。ネガティブブランチ不安定共振器は、温度に起因するミラーの曲率の変化に対し敏感である。ビーム指向性の変動は、レーザービームを特定の場所又は被処理物の特定の場所に正確に向けるか又は導く必要がある殆どの用途において問題となる。

30

【0006】

分析により、レーザービームの指向性変動はネガティブブランチ不安定共振器の幅に正比例し、共振器の長さの二乗に反比例することが示された。より短い工業用 $\text{CO}_2$ レーザーの設計は、ビームの品質が低下しない限り、 $\text{CO}_2$ レーザーの工業用途において望ましいと考えられる。放電の長さを短くするに従い、同じレーザー出力を得るために必要な同じ放電面積を維持するために、放電の幅を広げる必要がある。

【0007】

ネガティブブランチ不安定共振器の出力結合ミラー及びリターンミラー(return mirror)は共に凹面反射面を有する。これらの反射面は、表面に多層の薄膜コーティングを被覆することにより、高反射率にされている。出力結合ミラーは、レーザービームがミラーを通過して出力できるようにするために、リターンミラーより短い。通常リターンミラーは、平行で対向する電極により生じる放電の幅よりも広い。出力結合ミラーは、共振器内を往復するレーザー光の一部が出力結合ミラーを出力レーザー光としてバイパスできるように、相対的に短くされている。

40

【0008】

レーザービームが共振器内を往復しているとき、レーザーミラーは小さいが有限の光吸収を有するため、ミラーの反射面が加熱される。レーザーを急に起動して十分高い出力にしたとき、反射面の急激な加熱により、反射面が急に変形する。ミラーは急に凹面性が減少、すなわち急に曲率半径が増大する。この曲率半径の急な増大により、レーザービームが

50

急に別の方向に向けられる。急速な過渡加熱はミラー本体により速やかに熱伝導されるため、曲率半径は速やかにほぼ元の半径に戻る。

【 0 0 0 9 】

反射面からの熱はその後ミラー本体の厚み方向に伝導し、ミラーの前面と背面の間に熱勾配が生じる。この熱勾配はさらに、所与のレーザー出力における安定的なミラーの曲率に達するまでミラーの凹面性を減少させる。通常、ミラーの背面は大きな金属板に取り付けられており、この金属板は共振器とレーザーガスが収容される密閉された筐体のエンドフランジである。このため、ミラーの背面は前面よりも低温になる。過渡状態及び安定状態におけるミラーの半径変化の時間応答の差は、二桁以上である。

【 0 0 1 0 】

低レーザーパルス繰返し周波数操作 ( P R F ) において、ミラーの半径変化は P R F の変化に正比例する。P R F が増加するに従い、ミラーアセンブリの熱時定数はミラーのミラー半径における時間変化を平均化し始める。平均化が始まる P R F は、ミラーの材質の熱時定数、及びミラーの質量に依存する。

【 0 0 1 1 】

安定状態での操作においてミラー曲率変化を最小にするための構成が、本願に参照として組み込む本願出願人の 2 0 0 8 年 7 月 7 日出願米国特許出願番号第 1 2 / 1 6 8 , 3 7 6 号 ( 米国公開番号第 2 0 0 9 0 0 3 4 5 7 7 号 ) に記載されている。この結果は、特定の形状のミラー本体に、ミラー本体とは異なる材質のストリップをミラー本体に取り付けて補償バイメタル効果が賦与されたミラーを設計することにより得られた。このような構成の例が図 1 及び図 1 A に示されている。

【 0 0 1 2 】

この米国出願では、ミラーアレンジメント 1 0 は、頭部 1 4 と柄部 1 6 から成る T 型断面形状を有する金属製ミラー本体 1 2 を備える。柄部の底部に凹面を形成し、研磨、被覆して、曲率半径が R の凹面反射面 1 8 が提供される。通常、ターニングミラーの反射面の幅 L はスラブ放電の幅にほぼ等しく、出力結合ミラーの幅は、共振器の外に出力を結合して出力するために、放電幅より例えば約 1 2 % から 1 7 % 程度狭い。通常、反射面の高さ h は放電の高さの約 6 倍、すなわち放電電極間の離間幅の約 6 倍である。

【 0 0 1 3 】

本体 1 2 の材質とは異なる金属製のストリップ 1 7 が、本体の頭部の下側にボルト止めされる。米国公開公報に開示された実施例では、本体 1 2 は銅で作られ、ストリップ 1 7 はステンレススチールで作られている。このストリップの目的は、安定状態での操作時にバイメタル応力を生じさせて、ミラーの前面と背面の間の熱勾配によりミラーの曲率半径が増加し易いミラー本体の膨張差を補償することである。

【 0 0 1 4 】

ミラーアレンジメント 1 0 は、平均出力が約 4 0 0 キロワット ( k W ) のスラブレーザーで用いるために設計された。このミラーアレンジメントは、米国公開番号第 2 0 0 9 0 0 3 4 5 7 7 号に記載されているように、上記の出力において長期の曲率変化を補償することができた。

【 0 0 1 5 】

次に、上記の構成のミラーを、平均出力 1 . 5 k W ( 元の設計出力の約 4 倍 ) のレーザーに適用した。この場合、レーザーを 1 . 5 k W の出力で起動した直後に、非常に強いビーム指向性の過渡変化が認められた。

【 0 0 1 6 】

本願に添付の図 1 B は、図 1 に示す構成で設計されたミラーを備え、平均出力 1 . 5 k W のスラブレーザーの指向性安定性 ( 遠距離場ビーム角度位置の経時変化 ) を模式的に表すグラフである。出力は 1 0 k H z の ( P R F ) で 6 0 % 負荷サイクルにおけるものであった。出力結合は 1 2 % であった。レーザーを起動した後、直ちにビームが約 0 . 7 5 秒以内に 4 0 0 マイクロラジアン (  $\mu \text{rad}$  ) 偏位し、約 1 秒以内にグラフに示した時間範囲において約 4 5 0  $\mu \text{rad}$  のほぼ一定の偏位になったことが分かる。

10

20

30

40

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0017】

大部分のレーザー加工操作において、被処理物はレーザーを起動する前にレーザービーム光路に配置され、材料加工が速やかに行われるため、たとえ1秒以内でもビーム指向性の不安定性は無視できず、加工操作に悪影響を及ぼす。従って、図1Bに示されるようなタイプの短期間の過渡的指向性変動を低下させるか除去することは有益である。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0018】

一態様では、この発明のレーザービームを反射するためのミラー構造体は、その表面にレーザービームを反射するための反射面が形成されたボディを備える。反射面は、使用中にレーザービームによって加熱される。ボディは、加熱による湾曲反射面の歪みを最小にするために、ボディの熱中立平面の位置が反射面の位置にほぼ一致するように構成される。

## 【0019】

この発明のミラー構造体の好ましい実施形態では、ミラーボディは長尺のミラー部材と、一对の熱平衡化部材とを備える。ミラー部材は矩形の断面形状を有し、反射面はミラー部材の前面にあって予め決められた曲率を有する凹面である。熱平衡化部材はミラー部材の上面と底面に取り付けられ、ミラー部材の反射面を超えて前方へ延び出している。

## 【0020】

熱中立平面及び反射面の位置を合わせることにより、加熱によるミラーの曲率の変化が最小になる。このようなミラーを備えるレーザーの実験的評価から、この発明のミラーを用いることにより上記のビーム指向性の過渡的な振れが実質的に解消されることが明らかになった。

## 【0021】

明細書の一部を構成し明細書に組み込まれる添付図面は、上記の一般的説明及び下記の好ましい実施形態に関する詳細な説明とともにこの発明の好ましい実施形態を模式的に表し、この発明の原理を説明するものである。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0022】

【図1A】FIG. 1は反射面の熱による曲率変化を最小にするように構成された、従来技術のCO<sub>2</sub>スラブレザーのミラーを模式的に表す斜視図である。FIG. 1AはFIG. 1の1A-1A方向から見た端面図であり、FIG. 1のミラーの詳細を模式的に表す図である。

【図1B】FIG. 1Bは、FIG. 1と同様のミラーを備える平均出力1.5kWのCO<sub>2</sub>スラブレザーからのビームの遠距離場角度位置の経時変化を模式的に表すグラフである。

【図2】FIG. 2は反射面の熱による曲率変化を最小にするように構成された、この発明の好ましい実施形態に係るCO<sub>2</sub>スラブレザーのミラーを模式的に表す斜視図である。FIG. 2Aは、FIG. 2のミラーの詳細を模式的に表す端面図である。FIG. 2BはFIG. 2のミラーの別の好ましい構造の一例を模式的に表す端面図であり、このミラーは、反射面が形成されるセンター部材と、センター部材の両側に取り付けられ、反射面を超えて延び出すサイドバーを備える。FIG. 2CはFIG. 2のミラーのさらに別の好ましい構造の例を模式的に表す端面図である。

【図3】図2のFIG. 2Bに示した例に従い構成されたこの発明のミラーアセンブリの一部を切断して模式的に表す斜視図であり、このミラーアセンブリは、CO<sub>2</sub>スラブレザーの筐体のエンドフランジの一例のミラー取付け部位に取り付けられる。

【図4】図3に示したミラーアセンブリを背後から見て、その詳細を模式的に表す斜視図である。

【図5】図3のミラー取付け部位の詳細を模式的に表す斜視図である。

【図6】図3に示すミラーを備えるレーザーの一例の遠距離場角度位置の経時変化を、図

10

20

30

40

50

1のFIG. 1Bの従来技術のミラーの遠距離場角度位置の経時変化との比較において模式的に表すグラフである。

【図7】図2のFIG. 2Bの例と同様にして構成されたこの発明のミラーアセンブリの別の例を前方から見て模式的に表す斜視図であり、但し各サイドバーにストリップ材が取り付けられており、各ストリップ材の材質はサイドバーの材質とは異なる。

【図8】図2のFIG. 2Bの例と同様にして構成されたこの発明のミラーアセンブリの別の例を後方から見て模式的に表す斜視図であり、但しセンター部材にストリップ材が取り付けられており、各ストリップ材の材質はセンター部材の材質とは異なる。

【発明を実施するための形態】

【0023】

過渡挙動の原因を求めるために、図1Bのグラフに示した結果に關与するミラーアレンジメントに類似するミラーアレンジメントについて、有限要素熱分析(FEA)を行った。この熱分析は特にミラーアレンジメントの「熱中立平面」(TNP)の位置を求めることを目的としていた。

【0024】

構造体のTNPは周知の基本概念である。TNPとは、構造体において構造体の加熱が原因で形状が変化することはない平面と定義される。通常TNPは構造体の幾何学重心に相当し、構造体が均一な断面を有する場合、断面形状がどのようなものであっても平面になる。構造体がTNPの一方の側から加熱されたとき、TNP内の総応力はゼロになる。これは、TNPの一方の側では構成材料に引張応力が加わり、TNPの他方の側では構成材料が圧縮されるためである。TNPの両側における構成材料の質量は、ほぼ同じである。

【0025】

スラブレザーの共振器ミラーの場合、加熱は主として、共振器内を往復するレーザー光が僅かではあるが有限のパーセンテージでミラーの反射面により吸収される結果生じる。

12%出力結合で平均出力1.5kWの場合、11.0kWが共振器内を往復し、0.5%の吸収面が約62W吸収することに留意すべきである。

【0026】

上記の分析により、ミラーの熱中性平面は、図1AのFIG. 1Aに図示したミラーの柄部のやや後方に位置することが分かった。ミラーの最も近い点(ここでは中心)からTNPまでの距離は、反射面の両端と反射面の中心又は頂点の間の反射面の深さDより大きいことが分かる。

【0027】

図1AのFIG. 1に示すミラー10の過渡指向性効果無くすか、少なくとも軽減するために、熱中立平面を前方へ移動させてミラーの反射面にほぼ一致させることにした。このようにすることは、従来技術のミラーアレンジメント10のような断面形状を有するミラーボディでは、ストリップがあっても無くても、不可能である。

【0028】

図2のFIG. 2及びFIG. 2Aは、この発明のミラー20を模式的に表しており、ミラー20は凹面反射面18を超えて延び出すサイド部24を有し、断面形状がほぼU字状のミラーボディ22を備える。別の観点から見ると、反射面18はミラーボディ22のチャンネル28の底部と言える。好ましくは、冷媒を通すために、サイド部24を貫通する流路26が設けられる。サイド部をミラーボディの反射面を超えて延び出させることにより、ミラーボディは反射面よりも前方に質量塊を有することになる。これは、熱中立平面が反射面の両端部、反射面の中心又は頂点、又はこれらの間にほぼ一致するようにミラーボディの寸法を設定する上で重要である。本願で「前方」というときは、反射面が正対する方向を意味する。

【0029】

FIG. 2AではTNPが反射面の両端部に一致している場合を図示しているが、TNPは反射面の両端部にほぼ一致する面と、反射面の中心又は頂点に対し接線方向に広がる面との間にあればよい。なおこの明細書では、凹面反射面を有するミラーアセンブリを参照

10

20

30

40

50

しながら本願発明について説明するが、この発明の原理は、ポジティブブランチ不安定共振器を形成するために必要な凹面反射面を有するミラーアセンブリに適用することもできる。

【0030】

特定の仮説によって制限されることなく、この発明の長尺ミラーアセンブリのTNPの位置は実質的に反射面の熱負荷とは無関係であり、実質的に流路26の冷媒流とは無関係であると考えられる。しかし、TNPは流路26で占められる体積と、流路26の位置とに多少依存する。

【0031】

なお、サイド部24の上面が反射面18の曲率に合うように湾曲していると、反射面18の全長にわたって熱中立平面と反射面18とがほぼ同一平面になる。しかし分析では、このような微調整を行っても、熱中立平面が湾曲していないが上記の特定の領域に位置する場合と比較して、顕著な差は生じないことが示された。

【0032】

当業者であれば、FIG. 2Aに示した一体型のミラーボディは機械的分析には適しているが、チャンネル28の底部の反射面18を研磨し工学的被覆することが非常に困難なため、製造の観点からは実用的ではないことを理解できよう。以下、2種の実用的なミラー20のボディ形状について、図2のFIG. 2A及び2Cを参照しながら説明する。

【0033】

FIG. 2Bに、この発明に係る3つの部材で作られるミラーボディアセンブリ22Bを示す。このミラーの凹面反射面18は、断面形状が矩形のセンターバー30の端面を研磨し被覆して作られる。上記のように、ミラーの反射面は深さDを有する。サイドバー32の側壁はセンターバー30の両側に複数本のボルト34（FIG. 2Bには1本だけ図示した）で取り付けられる。冷媒流路26はサイドバーを貫通している。

【0034】

熱平衡化バーとも言えるサイドバー32A、32Bは、センターバーのミラー反射面18を研磨し被覆した後に取り付ける。好ましくは、センターバーとサイドバーは同じ材料から作られる。好ましい材料は銅である。

【0035】

サイドバー32の部位31は反射面を超えて延び出し、ミラーアセンブリの熱中立平面を前方へ移動させる。これらの部位は反射面の後ろの部分より分厚く、サイドバーの断面形状をL字型または階段状にしている。厚みを持たせた部位31は、2つの部位31の間がない質量塊を補償する。この例では、前記のように熱中立平面が反射面の両端に一致しているが、上記の領域のどこかに存在していればよい。サイドバー32Aは、ミラーアセンブリをレーザーの筐体のエンドフランジに取り付けるために、サイドバーの後縁部に設けられた取付けボス36を有する。下記にこの取付け構造の詳細を説明する。

【0036】

FIG. 2Cに、同じく3つの部材で作られるこの発明のミラーボディアセンブリ22Cを示す。このミラーボディは、アセンブリ22Bの対応する部材と比較して3つの部材が異なる断面形状を有する点を除き、ミラーボディ22Bと同様である。センター部材38は、図1のFIG. 1に示す従来技術のミラー10と類似の寸法のT型の断面形状を有する。サイドバー40A、40BはL字型で、センター部材にネジ42で取り付けられたとき、センター部材の側面に熱的に接続するように構成されている。サイドバー40Aは、ミラーボディ22Bについて上記で説明したように、ミラーアセンブリをレーザーの筐体のエンドフランジに取り付けるために、サイドバーの後縁部に設けられた取付けボス36を有する。

【0037】

図3、図4、及び図5に、この発明の熱中立平面ミラーの取り付けの詳細を模式的に示す。ここでは図2のFIG. 2Bミラーアセンブリ構造体22Bがフランジ50に取り付けられており、フランジ50はスラブレザー共振器、電極、及びレージングガス混合物を

10

20

30

40

50

収納するための密閉筐体（図示せず）のエンドフランジの１つである。フランジの外周縁傍に溝５２が延在し、溝５２はシールを確実にするための金属製「Ｃリング」またはインジウム製「Ｏリング」をはめ込み可能に構成されている。同様のミラー及びフランジ構造体が筐体の反対側に密閉可能に設けられ、不安定共振器を形成する。

#### 【００３８】

ミラーアセンブリ２２Ｂは、サイドバー３２Ａの取付けボス３６（図４参照）を、フランジ５０を裏側から機械加工して形成された組込フレキシブル膜５６を介してフランジ５０に一体に付随するポスト５４（図５参照）に取り付けることにより、フランジ５０に取り付けられる。これにより、取り付けられたミラーアセンブリを２本の主軸について調整して、共振器内のミラーアセンブリの反射面の位置を合わせることができる。この取付け方法は、ミラーの反射面の位置合わせをレーザーの筐体の外から行えることに加え、取付けプロセス中に反射面に変形が生じる可能性を低減する。又この方法では冷媒流路をセンター部材では無くサイドバーの長さ方向に設けることができるため、さらに反射面に変形が生じる可能性を低減することができる。位置合わせ機構の詳細な説明は、この発明の原理を理解するためには必要ではない。詳細な説明は上記の第２００９００３４５７７号広報に記載されている。

10

#### 【００３９】

ミラーアセンブリの長さに対して取付けボス３６の長さが短いことにより、ミラーアセンブリ２２Ｂとフランジ５０との間の機械的及び熱的接続が最小になる。これにより、ＴＮＰの位置を決める観点からは、ミラーアセンブリが孤立した（実質的に隔離された）アセンブリと見なせる。

20

#### 【００４０】

ミラーアセンブリ２２Ｂの冷却機構は次の通りである。フランジの裏側にあるメイン（外部）冷媒マニホールド（図示せず）が、冷媒流体を上部及び下部第２（内部）冷媒マニホールド６０へ分配して送り出す。上部及び下部第２冷媒マニホールド６０はフランジを貫通し、ガスケット６２によりフランジに対しシールされている。第２冷媒マニホールドは、いずれも金メッキされた銅製であることが好ましい。各内部冷媒マニホールドの出口は冷媒を導管６４へ送り出し、導管６４は冷媒の流れを上部及び下部ミラーサイドバー３２Ａ，３２Ｂのそれぞれの中央入口／出口ポート６６へ導く。冷媒はサイドバー内の流路２６をＵ字型の導管６８，７０を通して循環される。冷媒はポート６６へ戻り、導管７２によりポートから内部冷媒マニホールドへ送り返され、内部冷媒マニホールドは冷媒を外部マニホールドへ送り返す。

30

#### 【００４１】

図６は、図３示す構成の高反射及び高出力結合ミラーアセンブリを備えるレーザーの一例の遠距離場角度位置の経時変化の測定値（実線）を、図１のＦＩＧ．１Ｂに示す構成の従来技術のミラーの遠距離場角度位置の経時変化の測定値（点線）との比較において模式的に表すグラフである。いずれの場合も、レーザーは密閉されたＣＯ<sub>2</sub>スラブレザーで、ミラーはネガティブブランチ不安定共振器を形成する。いずれの場合も、６０％負荷サイクルで１０ｋＨｚの（ＰＲＦ）におけるレーザーの出力は平均約１．５ｋＷであった。各例における出力結合は１２％であった。この発明のミラー構成により、従来技術において見られる過渡偏位「振れ」を実質的に完全に消去できることが分かる。ミラーの熱時定数は１０ｋＨｚのＰＲＦにおけるパルスからパルスの間の偏位効果を平均化する。

40

#### 【００４２】

金メッキされた銅から作られたこの発明のミラーの寸法は次の通りである。ミラーの長さは１５９ｍｍである。ミラーの曲率半径は１０４４．５５である。センター部材３０の厚みは８．０ｍｍである。サイドバー３２Ａ，３２それぞれの厚みは、前縁部が９．７ｍｍで、後縁部が７．６ｍｍである。各サイドバーの全幅は２５．４ｍｍで、前縁部の９．７ｍｍ厚の部分は１０ｍｍ幅である。上部サイドバー３６の取付けボス３６は幅が１０．２ｍｍで長さが２０．３ｍｍである。反射面の吸光度は約０．２％と推定される。冷媒流路２６の内径は０．１２５インチで、サイドバーの前面から０．１１８インチ及び０．１６

50



0 インチの場所にある。出力結合ミラーの長さは 1 3 2 m m で曲率半径は 8 8 7 . 8 5 m m である。

【 0 0 4 3 】

偏位測定は L o g a n , U t a h の O p h i r - S p i r i c o n I n c 社製の P y r o c a m ( 登録商標 ) I I I 焦電式カメラを用いて行った。このカメラの撮影速度は 1 秒間に約 2 5 コマであった。

【 0 0 4 4 】

図 7 は、この発明のミラーアセンブリ 2 2 D の別の例を前方から見て模式的に表す斜視図である。ミラーアセンブリ 2 2 D は、図 3 に例示したアセンブリ 2 B と同様の構成であるが、サイドバー 3 2 A , 3 2 B の前方表面にそれぞれストリップ材 3 3 A , 3 3 B が取り付けられている点で異なり、各ストリップ材の材質 ( 金属 ) はサイドバーの材質とは異なる。本願で前方表面というときは、反射面 1 8 が片側のミラー ( o n e e n d m i r r o r ) である共振器 ( 図示せず ) の方に向いていること、すなわち反射面に正対する方向を向いていることを意味する。各ストリップ材はネジ 3 5 でサイドバーに取り付けられている。ネジ 3 5 の長さは、ネジがサイドバー内の冷媒流路の障害にならないよう、十分短いものを選択する。この実施形態では、ストリップ材はサイドバーの金属材料より熱膨張係数が小さい材質で作られる。サイドバーが銅製るとき、ステンレススチールがストリップ材 3 3 A , 3 3 B に適した材料のひとつである。

10

【 0 0 4 5 】

2 つの材料の膨張係数の違いにより、サイドバーとストリップ材はバイメタル効果を示す。この場合、バイメタル効果は凹面鏡の湾曲を大きくする傾向がある。これに対し、レーザーのエネルギーの一部の吸収により生じた不均一加熱は、凹面鏡の湾曲を小さくする傾向がある。スチール製のストリップ材の厚みとサイズを適切に選択することによりこれらの 2 つの効果をバランスさせて、変形を最小にすることができる。

20

【 0 0 4 6 】

図 8 は、この発明の別の例のミラーアセンブリ 2 2 E を後方から見て模式的に表す斜視図である。このミラーアセンブリは F I G . 3 の F I G . 2 B のアセンブリと同様の構成であるが、アセンブリのセンター部材 3 0 が、ネジ 3 5 でセンター部材の背面に取り付けられたストリップ材 3 9 を備え、各ストリップ材の材質はセンター部材 3 0 の材質とは異なる。この実施形態では、ミラーの前面の加熱により生じた熱勾配効果に対抗するために、ストリップ材の熱膨張係数がセンター部材の熱膨張係数より大きくなるように設定する。センター部材 3 0 が銅製るとき、ストリップ材 3 9 に適した材料はアルミニウムである。

30

【 0 0 4 7 】

このようなストリップ材のサイドバーまたはセンター部材への配置により、この発明のミラーアセンブリの設計の自由度をさらに高めるバイメタル効果が生じる。このような自由度の向上は、例えば、図 6 に示した測定時間よりさらに長い時間レーザーを使い続けたとき反射面 1 8 の曲率が徐々に変化することを最小にするか又は防止する設計を行う際に有用である。

【 0 0 4 8 】

この発明が属する分野の当業者であれば、図 3 , 4 , 7 及び 8 に開示されたこの発明のミラーアセンブリに基づき、アセンブリを構成する部材の寸法が実物に近いことを理解できるであろう。試験した実施形態に係るミラーの典型的寸法を上記に示した。このような相対的及び実際の寸法に基づき、この発明が属する分野の当業者であれば、対応する有限要素分析 ( F E A ) ソフトウエアの出発形状 ( s t a r t i n g - s h a p e ) を容易に決めて、異なる構成の共振器のミラーの実施形態の熱中立平面を決め、材質を選択することができるであろう。このようなソフトウエアを用いることにより、当業者であればこの発明の要旨と範囲から逸脱することなく、反射面にほぼ一致する熱中立平面が提供される別のミラーアセンブリの構造を決めることができるであろう。

40

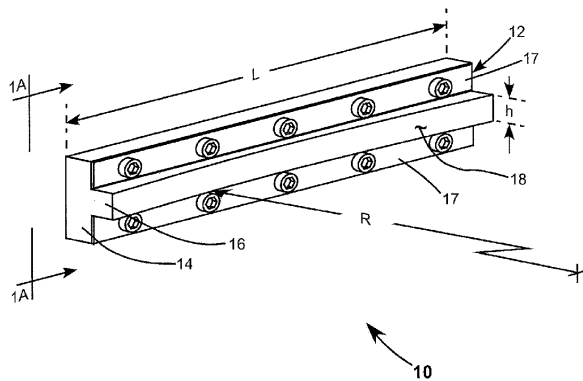
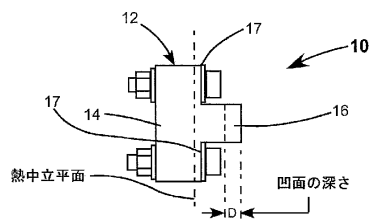
【 0 0 4 9 】

好ましい実施形態に基づいて、上記にこの発明について説明した。しかし、この発明は本

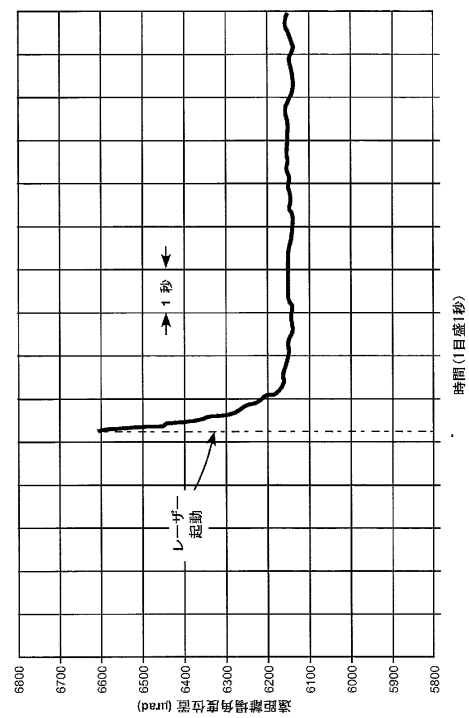
50

願に説明し図示した実施形態に限定されない。この発明の範囲は、特許請求の範囲の記載により決められる。

【図 1 A】

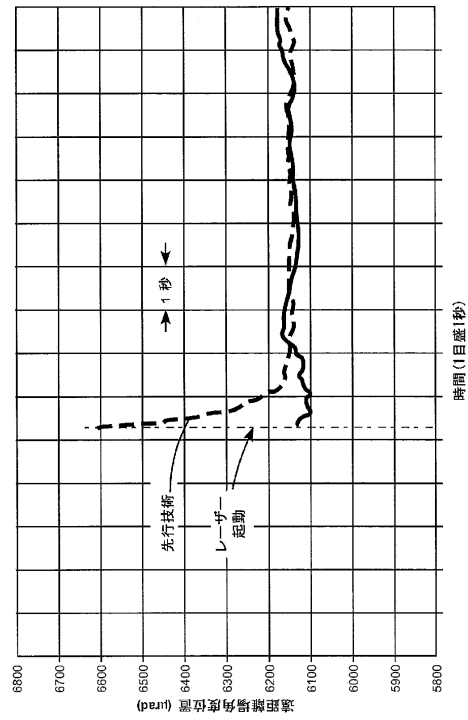
FIG. 1  
(先行技術)FIG. 1A  
(先行技術)

【図 1 B】

FIG. 1B  
(先行技術)



【図 6】



【図 7】

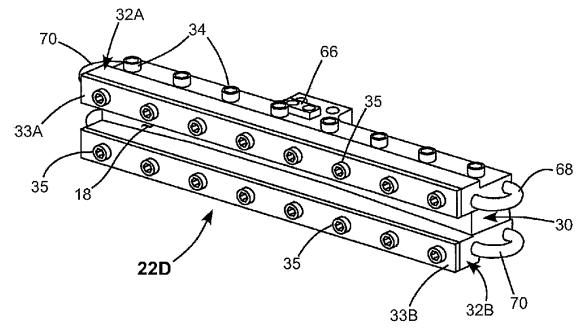


FIG. 6

FIG. 7

【図 8】

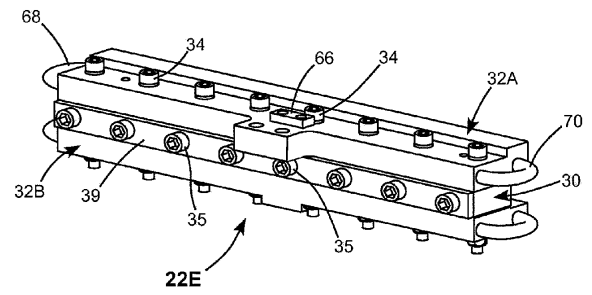


FIG. 8

## フロントページの続き

- (74)代理人 100131543  
弁理士 常光 克明
- (74)代理人 100159020  
弁理士 安藤 麻子
- (74)代理人 100161539  
弁理士 武山 美子
- (74)代理人 100169993  
弁理士 今井 千裕
- (74)代理人 100166637  
弁理士 木内 圭
- (72)発明者 パパニード・エイドリアン  
アメリカ合衆国、コネチカット州 06484、シェルトン、フリーダム・ウェイ、18
- (72)発明者 ニューマン・レオン、エー  
アメリカ合衆国、コネチカット州 06033、グラストンペリー、コッツウォルド・クローズ、  
75
- (72)発明者 ラニー・ラフマン  
アメリカ合衆国、コネチカット州 06043、ボルトン、ローズウッドライン・レーン、20

審査官 古田 敦浩

- (56)参考文献 特表2005-515492(JP,A)  
特表平10-503887(JP,A)  
特開平10-282445(JP,A)  
実開昭63-061171(JP,U)  
特開平11-271595(JP,A)  
独国特許出願公開第3330626(DE,A1)  
欧州特許出願公開第1235090(EP,A1)  
米国特許出願公開第2005/0046856(US,A1)  
米国特許第3836236(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 3/00 - 4/00  
G02B 5/00 - 5/136