

(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 1
H01S 3/086 (2006.01) H01S 3/086
H01S 3/041 (2006.01) H01S 3/04 G
G02B 5/08 (2006.01) G02B 5/08 Z

請求項の数 19 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-545367 (P2011-545367)
(86) (22) 出願日 平成21年12月22日 (2009.12.22)
(65) 公表番号 特表2012-514869 (P2012-514869A)
(43) 公表日 平成24年6月28日 (2012.6.28)
(86) 國際出願番号 PCT/US2009/069194
(87) 國際公開番号 WO2010/080650
(87) 國際公開日 平成22年7月15日 (2010.7.15)
審査請求日 平成24年10月1日 (2012.10.1)
(31) 優先権主張番号 61/143,238
(32) 優先日 平成21年1月8日 (2009.1.8)
(33) 優先権主張国 米国(US)
(31) 優先権主張番号 12/464,442
(32) 優先日 平成21年5月12日 (2009.5.12)
(33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 500097197
コヒーレント・インク
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 95
054、サンタ・クララ、パトリック・ヘ
ンリー・ドライブ 5100
(74) 代理人 100071010
弁理士 山崎 行造
(74) 代理人 100118647
弁理士 赤松 利昭
(74) 代理人 100138438
弁理士 尾首 亘聰
(74) 代理人 100138519
弁理士 奥谷 雅子
(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つて、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サイド部材であつて、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(CO₂)スラブレーザーのミラーの設計及び構造に関する。

10

【背景技術】

【0002】

CO₂スラブレーザーは、CO₂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】

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プランチ不安定共振器であった。その後のモデルでは、ネガティブプランチ不安定共振器が好まれている。

20

【0005】

ポジティブプランチ不安定共振器の設計は、ネガティブプ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。ネガティブプ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プ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CO₂レーザーの設計は、ビームの品質が低下しない限り、CO₂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】

ネガティブプ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。

【0009】

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。

【0010】

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。

【0011】

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2008年7月7日出願米国特許出願番号第12/168,376号（米国公開番号第20090034577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1Aに示されている。

【0012】

この米国出願では、ミラーアレンジメント10は、頭部14と柄部16から成るT型断面形状を有する金属製ミラー本体12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18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12%から17%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。

【0013】

本体12の材質とは異なる金属製のストリップ17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12は銅で作られ、ストリップ17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。

【0014】

ミラーアレンジメント10は、平均出力が約400キロワット（kW）のスラブル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20090034577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。

【0015】

次に、上記の構成のミラーを、平均出力1.5kW（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1.5kW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。

【0016】

本願に添付の図1Bは、図1に示す構成で設計されたミラーを備え、平均出力1.5kWのスラブル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10kHzの（P R F）で60%負荷サイクルにおけるものであった。出力結合は12%であった。レーザーを起動した後、直ちにビームが約0.75秒以内に400マイクロラジアン（μrad）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450μrad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。10

【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、一対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。20

【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CO₂スラブレー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。30

【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CO₂スラブレー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CO₂スラブレー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。40

【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、CO₂スラブレー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50

1 の FIG. 1 B 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. 2 B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. 2 B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関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】

スラブレー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. 1 A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の過渡指向性効果を無くすか、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. 2 A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を超えて伸び出すサイド部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伸びさせることにより、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. 2 A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、ポジティブプ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無く、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。 10

【0032】

当業者であれば、FIG.2Aに示した一体型のミラー部材は機械的分析には適しているが、チャネル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の部材形状について、図2のFIG.2A及び2Cを参照しながら説明する。 20

【0033】

FIG.2Bに、この発明に係る3つの部材で作られるミラーアセンブリ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。 20

【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の間に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。 30

【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。サードバー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。 40

【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はスラブレーザー共振器、電極、及びレージングガス混合物を 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CO₂スラブレーザーで、ミラーはネガティブプ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, 32B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0.1650

0インチの場所にある。出力結合ミラーの長さは132mmで曲率半径は887.85mである。

【0043】

偏位測定はLogan, UtahのOphir-Spiricon Inc社製のPyrocam(登録商標)III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25コマであった。

【0044】

図7は、この発明のミラーアセンブリ22D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22Dは、図3に例示したアセンブリ2Bと同様の構成であるが、サイドバー32A, 32Bの前方表面にそれぞれストリップ材33A, 33B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18が片側のミラー(one end mirror)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35でサイドバーに取り付けられている。ネジ35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。サイドバーが銅製のとき、ステンレススチールがストリップ材33A, 33Bに適した材料のひとつである。

【0045】

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ます。

【0046】

図8は、この発明の別の例のミラーアセンブリ22E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FIG.3のFIG.2B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30が、ネジ35でセンター部材の背面に取り付けられたストリップ材39を備え、各ストリップ材の材質はセンター部材30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30が銅製のとき、ストリップ材39に適した材料はアルミニウムである。

【0047】

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18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。

【0048】

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(FEA)ソフトウェアの出発形状(starting-shape)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ェ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。

【0049】

好み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

10

20

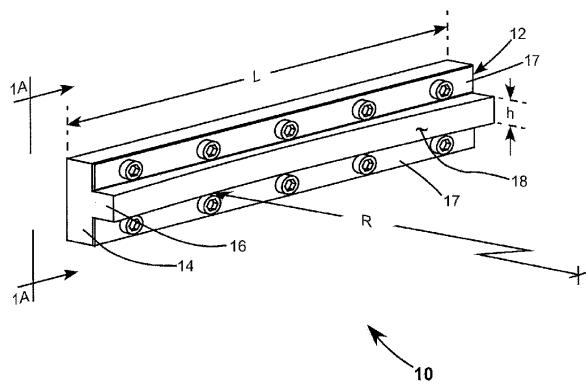
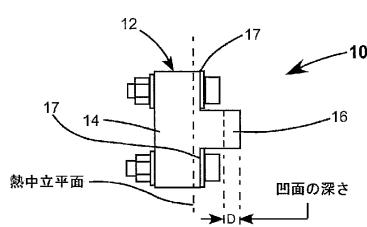
30

40

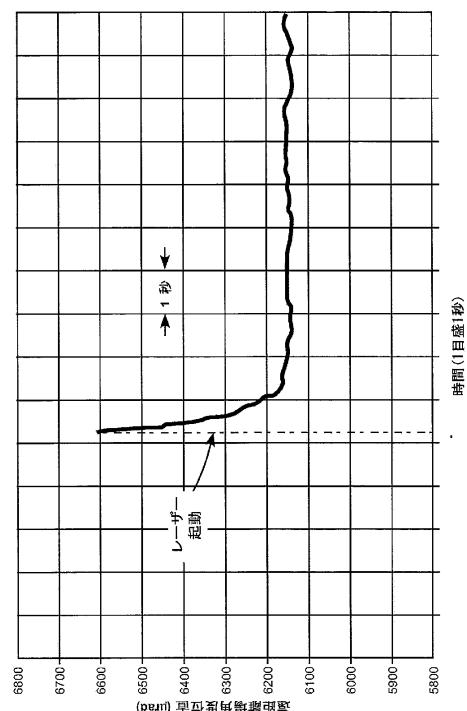
50

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。

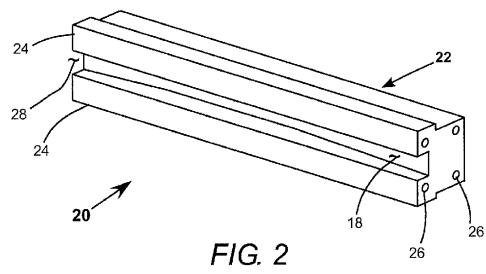
【図 1 A】

FIG. 1
(先行技術)FIG. 1A
(先行技術)

【図 1 B】

FIG. 1B
(先行技術)

【図2】



【 図 3 】

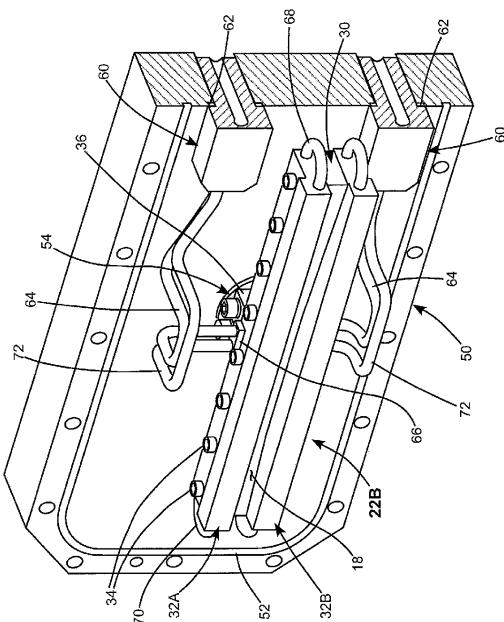
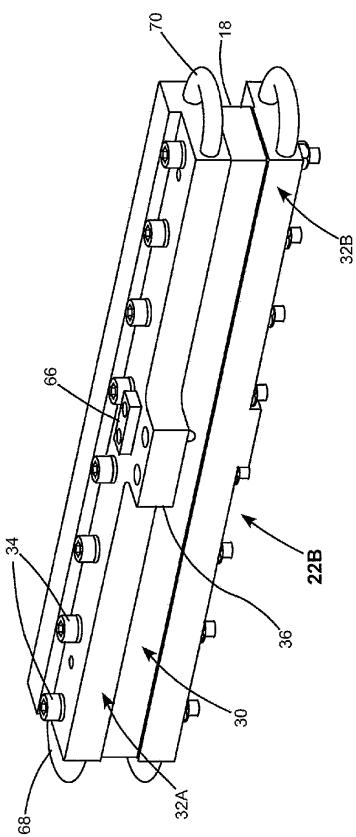


FIG. 3

【図4】



【図5】

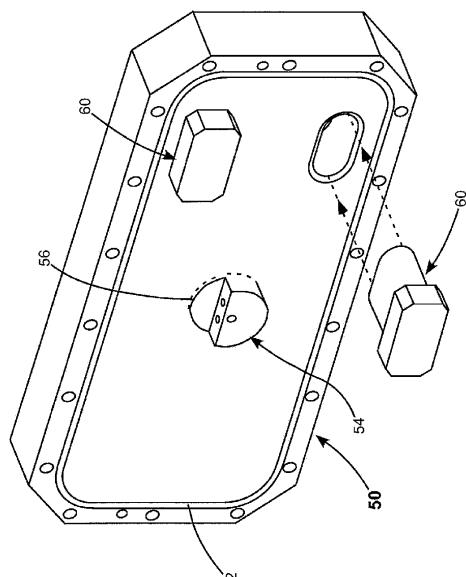
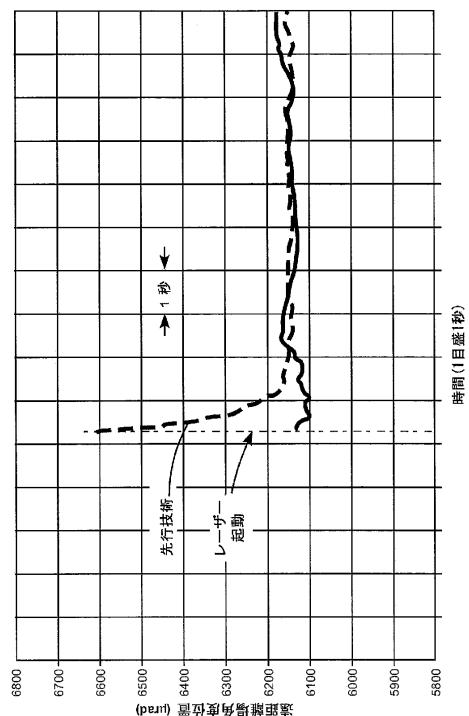


FIG. 5

【図6】



【図7】

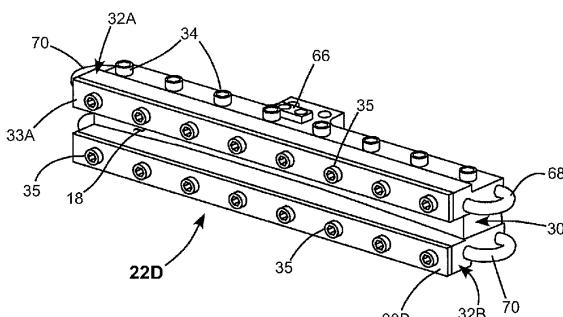


FIG. 7

【図8】

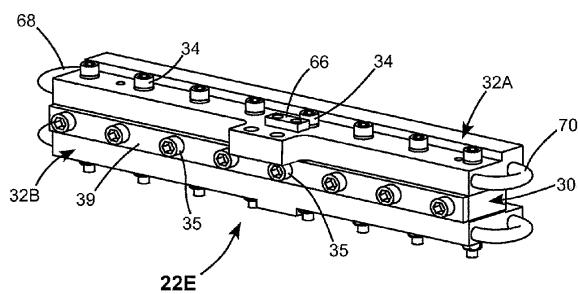


FIG. 8

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、グラストンベリー、コツツウォルド・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)
獨国特許出願公開第3330626(DE,A1)
歐洲特許出願公開第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)

H 01 S	3 / 0 0	-	4 / 0 0
G 02 B	5 / 0 0	-	5 / 1 3 6