



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102273025 B

(45) 授权公告日 2015. 02. 11

(21) 申请号 200980154321. 4

G02B 7/18 (2006. 01)

(22) 申请日 2009. 12. 22

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

61/143, 238 2009. 01. 08 US

12/464, 442 2009. 05. 12 US

DE 3330626 A1, 1987. 06. 25, 第 4 栏第 19 行到第 5 栏第 41 行, 附图 1.

US 3836236, 1974. 09. 17, 说明书第 2 栏第 31 行到第 4 栏第 20 行, 附图 1-5.

(85) PCT 国际申请进入国家阶段日

2011. 07. 07

US 2005/0046856 A1, 2005. 03. 03, 说明书第 0099-0102 段, 附图 9A、9B、10A-10C.

(86) PCT 国际申请的申请数据

PCT/US2009/069194 2009. 12. 22

US 6709118 B2, 2004. 03. 23, 说明书第 4 栏第 45 行到第 6 栏第 41 行, 附图 1-5.

(87) PCT 国际申请的公布数据

W02010/080650 EN 2010. 07. 15

审查员 邓泽微

(73) 专利权人 相干公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 A·帕帕奈德 L·A·纽曼

L·拉夫曼

(74) 专利代理机构 余姚德盛专利代理事务所

(普通合伙) 33239

代理人 戚秋鹏

(51) Int. Cl.

H01S 3/034 (2006. 01)

H01S 3/04 (2006. 01)

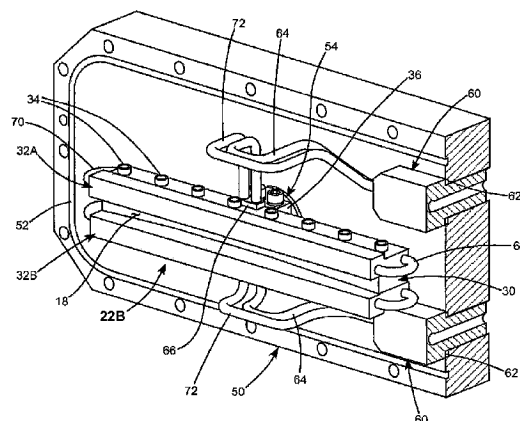
权利要求书1页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

激光器镜的瞬态受热补偿

(57) 摘要

用于二氧化碳 (CO₂) 盘形激光器共振器的镜组件包括具有矩形剖面的中心分段和一对热平衡杆。凹形反射表面形成在中心分段的前边缘上。侧杆附接于中心分段的任一侧且延伸到反射表面之前。中心分段和侧杆的维数选择为将组件的热中性平面定位为靠近反射表面。这通过在共振器中循环辐射线使得由于受热引起的反射表面的曲率半径的变化最小化。



1. 一种用于反射激光束的镜结构,包括:

细长镜构件,其具有用于反射所述激光束的弯曲前表面,当使用时所述表面被所述激光束加热;以及

一对细长热平衡构件,其沿着所述镜构件的顶面和底面安装,各平衡构件的前部在向前方向上延伸越过所述镜构件的弯曲前表面,热平衡构件未夹持所述镜构件的弯曲前表面,所述热平衡构件构造为使由于瞬态受热引起的所述弯曲前表面的畸变最小化。

2. 如权利要求 1 所述的镜结构,其中,所述镜构件具有矩形剖面,并且所述热平衡构件具有这样的 L 形剖面,其中所述前部比后部厚,且所述较厚的前部延伸越过所述镜构件的所述表面被所述激光束加热。

激光器镜的瞬态受热补偿

技术领域

[0001] 本发明总体涉及气体放电激光器。本发明特别涉及用于气密的、高功率的、扩散冷却的、二氧化碳 (CO₂) 盘形激光器的镜的设计和构造。

背景技术

[0002] CO₂ 盘形激光器包括一对矩形、平面、金属电极,所述电极安装在密封的壳体内,所述壳体收容激光气体混合物,所述激光气体混合物包括 CO₂ 和惰性气体。电极彼此平行且被紧密分隔开以限定盘形放电区。RF 功率用于激励气体混合物以用于产生激光辐射线。在转让给本发明的受让人的美国专利 No. 5, 140, 606 中可找到对这种激光器的说明,并且该专利的全部内容通过引用并入本文中。

[0003] 这类激光器通常包括混合式光学共振器。共振器为平行间隔开的电极的宽度维度上的非稳共振器和与电极的平面垂直的尺寸的波导型共振器。在早期的模型中,非稳共振器为正支非稳共振器。在后期的模型中,优选为负支非稳共振器。

[0004] 相比于负支非稳共振器,所述正支非稳共振器设计约为更难以对齐的数量级,而正支非稳共振器对于由共振器的镜的曲率变化引起的输出光束指向变化的敏感性更低,所述变化依次由于镜的温度变化引起。负支非稳共振器对于温度感应的镜曲率变化更加敏感。在大部分应用中光束指向变化存在如下问题:必须将激光束精确地引导或指引到工件上的特定的一个位置或多个位置。

[0005] 分析表明,激光光束的指向变化随着负支非稳共振器的宽度直接增加,并且与其长度的平方反向增加。设计较短的工业 CO₂ 激光器的优点在于在 CO₂ 激光器的工业应用中,只要光束质量没有妥协即可。随着使得放电的长度较短,需要增加放电的宽度以维持获得相同激光器输出功率所需的相同放电区域。

[0006] 负支非稳共振器包括各自具有凹面反射表面的输出耦合镜和返回镜。通过在表面上沉淀多层薄膜涂层使得表面高度反射。输出耦合镜比返回镜短,从而提供经过镜的激光束的输出。返回镜通常在由平行面对的电极产生的放电的整个宽度上方延伸。输出耦合镜较短以允许在共振器中循环的辐射线的部分绕过镜而作为输出辐射线。

[0007] 当激光束在共振器中循环时,由于激光器镜具有小而有限的光吸收,镜的反射表面被加热。当突然将激光器接通到足够高的满功率时,反射表面的快速受热使得表面突然畸变。镜突然变得较不凹面,即突然具有增大的曲率半径。曲率半径的这一突然增大使得激光束突然指向另一方向。在快瞬态受热被镜主体快速传走时,曲率半径快速地恢复而接近其原始半径。

[0008] 来自反射表面的热最终传播通过镜主体的厚度,在镜的前面和背面之间建立了温度梯度。该热梯度进一步使得镜变得较不凹面直到在给定激光器输出处达到稳态镜曲率。镜的背部通常附接于大的金属板,所述金属板为密封壳体的端凸缘,共振器和激光气体封闭在所述壳体中。这使得镜的背面比前面凉。瞬态和稳态镜半径变化之间的时间响应的差别在两个数量级以上。

[0009] 在低激光脉冲重复频率 (PRF) 工作条件下, 镜半径直接响应于 PRF 的变化而变化。随着 PRF 增大, 镜组件的热时间常数开始平衡镜的镜半径的时间变化。在此开始进行平均化的 PRF 取决于制成镜的材料的热时间常数和镜的质量。

[0010] 在转让给本发明的受让人的于 2008 年 7 月 7 日提交的美国专利申请 No. 12/168, 376 中描述了旨在稳态工作条件下使镜曲率变化最小的一种布置, 并且该申请的全部内容通过引用并入本文。该结果是通过如下实现的: 设计具有特定形状的镜主体的镜, 使得与主体的材料不同的材料的条附接于主体以提供补偿双金属效应。在图 1 和图 1A 中描绘了布置的实施例。

[0011] 这里, 镜布置 10 包括具有大致 T 形剖面的金属镜主体 12, 大致 T 形剖面具有头部 14 和柄部 16。凹形表面被生成、抛光和涂覆到柄部的底部以提供具有曲率半径 R 的凹形反射表面 18。通常, 反射表面的宽度 L 约等于回转镜的盘形放电的宽度且比输出耦合镜的放电宽度稍短, 例如比输出耦合镜的放电宽度短约 12% 和 17% 之间, 以允许输出在脱离共振器时被耦合。反射表面的高度 h 通常为放电高度的六倍, 即放电电极的间隔的六倍。

[0012] 与主体 12 的金属不同的金属的条 17 栓接到主体的头部的底侧。在专利公布中描述的实施例中, 主体 12 由铜制成, 而条 17 由不锈钢制成。条的用途是形成双金属应力, 在稳态工作时, 双金属应力将补偿主体的不均匀膨胀, 由于镜中的前面 - 背面的热梯度, 不均匀膨胀趋于增大镜的曲率半径。

[0013] 镜布置 10 设计为用于具有约 400 千瓦 (kW) 平均功率的盘形激光器。该布置在该功率处补偿长期曲率变化到上文引用的' 577 公布中描述的程度是成功的。

[0014] 随后, 具有该构造的镜用于具有 1.5kW 平均输出功率 (约为原始设计功率的 4 倍) 的激光器。在该情况下, 在 1.5kW 功率处接通激光器之后瞬间观察到了光束指向的极强瞬态变化。

[0015] 图 1B 是示意性地图示了具有约 1.5kW 平均功率且包括根据图 1 的布置设计的镜的盘形激光器的指向稳定性 (作为时间的函数的远场角光束位置) 的曲线图。在 10kHz (PRF) 处功率输出为 60% 的占空比。输出耦合为 12%。可以看出, 在激光器接通之后的瞬间, 在曲线图的时间段内, 在约 0.75 秒内存在 400 微弧度 (μ rad) 的光束偏转, 假定光束在约一秒内具有约 450 μ rad 大致恒定的偏转。

[0016] 在大部分激光器处理的操作中, 在激光器被接通之前, 工件定位在激光束路径上, 并且材料处理足够快速地发送使得甚至一秒持续时间的光束指向不确定性很大且能够不利地影响处理操作。因此, 如果不完全消除瞬态指向变化, 则使得图 1B 的曲线图所示例的类型的瞬态指向变化最小化将是有益的, 但是这点上做的不足。

[0017] 发明概述

[0018] 在一个方案中, 用于反射激光束的依据本发明的镜结构包括主体, 在所述主体上形成了用于反射激光束的反射表面。当使用时, 表面被激光束加热。所述主体构造为使得主体的热中性平面与反射表面的位置大致对齐以使得由于受热引起的弯曲表面的畸变最小化。

[0019] 在本发明的镜结构的优选实施方案中, 镜主体包括包括细长镜构件和一对热平衡构件。镜构件具有矩形剖面, 并且反射表面为具有预定曲率的镜构件的凹形前表面。热平衡构件附接于镜构件的顶面和底面且在向前的方向上延伸而越过镜构件的反射表面。

[0020] 热中性平面与反射表面的对齐使得由于受热引起的镜曲率的变化最小化。包括这些镜的激光器的试验性评估表明,利用本发明的镜实质上消除了上文讨论的光束指向的瞬态波尖。

附图说明

[0021] 并入说明书并构成本发明的一部分的附图示意性地图示了本发明的优选实施方案,并且与上文给出的一般性描述和下面给出的优选实施方案的详细描述一起用于解释本发明的原理。

[0022] 图 1 是示意性地图示了构造为使得其反射表面的热感应的曲率变化最小化的现有技术 CO₂ 盘形激光器镜的三维视图。

[0023] 图 1A 是大致沿图 1 的方向 1A-1A 看到的端部正视图,示意性地图示了图 1 的镜的进一步细节。

[0024] 图 1B 是示意性地图示了来自 1.5kW 平均功率的 CO₂ 盘形激光器的光束的作为时间的函数的远场角位置的曲线图,其中 CO₂ 盘形激光器并入了与图 1 的镜类似的镜。

[0025] 图 2 是示意性地图示了依据本发明构造为使其反射表面的热感应曲率变化最小化的 CO₂ 盘形激光器镜的优选实施方案的三维视图。

[0026] 图 2A 是示意性地图示了图 2 的镜的进一步细节的端部正视图。

[0027] 图 2B 是示意性地图示了图 2 的镜的优选可选构造的一个实施例的端部正视图,所述镜包括形成在反射表面上的中心分段且具有夹紧在中心分段的每侧上延伸越过反射表面的侧杆。

[0028] 图 2C 是示意性地图示了图 2 的镜的优选可选构造的另一实施例的端部正视图。

[0029] 图 3 是局部以剖面示意性地图示依据本发明根据图 2B 的实施例构造且安装到 CO₂ 盘形激光器壳体的端凸缘的一个实施例的镜安装柱上的镜组件的三维视图。

[0030] 图 4 是示意性地图示图 3 的镜组件的进一步细节的从后侧看到的三维视图。

[0031] 图 5 是示意性地图示图 3 的安装柱的细节的三维视图。

[0032] 图 6 是示意性地图示了与图 1B 的现有技术镜的作为时间的函数的远场角位置相比的在并入了图 3 的镜的激光器的一个实施例中作为时间的函数的远场角位置的曲线图。

[0033] 图 7 是示意性地图示了依据本发明与图 2B 中的实施例构造类似的镜组件的又一实施例的从前侧看到的三维视图,但是其中侧杆分别附接有一定材料的条,各条的材料与侧杆的材料不同。

[0034] 图 8 是示意性地图示了依据本发明与图 2B 的实施例构造类似的镜组件的又一实施例的从后侧看到的三维视图,但是其中中心分段附接有一定材料的条,所述条的材料与中心分段的材料不同。

[0035] 发明详述

[0036] 对与用于解释图 1B 的曲线图中描述的结构镜布置相似的镜布置进行有限元热分析 (FEA),试图确定瞬态性能的可能原因。热分析尤其旨在确定该布置的“热中性平面”(TNP) 的位置。

[0037] 结构的 TNP 是公知的基本概念。TNP 限定为结构内的在由于结构的受热未经受形状变化的平面。该平面与结构的几何形状的质心大致对应,并且当结构具有均匀剖面时为

平面,而无论剖面形状怎样。从 TNP 的一侧对当结构进行加热时,由于在 TNP 的一侧材料受张力作用而在 TNP 的另一侧材料被压缩,因此 TNP 内的净应力为零。在 TNP 的每侧的材料的质量大致相同。

[0038] 在盘形激光器共振器镜的情况下,受热主要是由于镜的反射表面的在共振器中循环的激光辐射线的小而有限的百分比的吸收而发生的。应当注意的是,由于 12% 的输出耦合以及 1.5kW 的平均功率输出,在共振器中循环的是 11.0kW,并且 0.5% 的吸收表面将吸收约 62W。

[0039] 上述分析的结果表明,镜的热中性平面位于镜的柄部的稍后方,如图 1A 中所示。可以看出,TNP 距镜上最近点(在这里为中心)的距离大于反射表面在表面的端和表面的中心或顶点之间的深度 D。

[0040] 为了消除或至少减轻与图 1 的镜 10 相关的瞬态指向效应,确定的是,热中性平面应当向前移动以与镜的反射表面大致重合。通过具有现有技术镜布置 10 的剖面形状的镜主体是不可能实现这点的,无论是否附加条。

[0041] 图 2 和图 2A 示意性地图示了依据本发明的镜 20,镜 20 包括镜主体 22,镜主体 22 具有大致 U 形剖面,使侧边 24 延伸越过凹形的反射表面 18。从另外的观点考虑,反射表面 18 可描述为镜主体 22 中的沟槽 28 的基部。优选地,沟槽 26 设置为延伸通过侧边 24 以允许冷却剂流体通过。侧边的延伸越过镜主体的反射表面的该布置提供的是,镜主体具有前向于反射表面的质量。这对于允许主体的维数选择为使得热中性平面与反射表面的端、反射表面的中心或顶点或者它们之间的某位置大致重合是重要的。这里使用的术语“前向”指的是反射表面朝向的方向。

[0042] 在图 2A 中,TNP 描述为与反射表面的端重合,但是可大致位于与表面的端大致重合或者与表面的中心或顶点大致相切之间的平面中。这里应当注意的是,尽管本文参照具有凹形反射表面的镜组件描述了本发明,本发明的原理等同地适用于形成正支非稳共振器所需的凸形表面的镜组件。

[0043] 不限制于特定假设,相信本发明的细长镜组件中的 TNP 的位置基本独立于反射表面的热负荷且基本独立于沟槽 26 中的冷却剂流。然而,TNP 有点取决于沟槽 26 所占据的容积和沟槽的位置。

[0044] 这里应当注意的是,如果侧边 24 的顶面弯曲以与反射表面 18 的曲率配合,则热中性平面可沿着表面的整个长度弯曲以与表面 18 大致共面。然而,分析表明,与当热中性平面不弯曲而是位于上述指定区域中时相比,该精细处理不提供差别显著的结果。

[0045] 本领域技术人员将理解的是,图 2A 整体形式的主体尽管便于进行机械分析但是从制造的观点看有点不实用,因为在沟槽 28 的基部中对反射表面 18 进行抛光以及进行光学涂层是非常难的。下面参照图 2B 和图 2C 阐述了用于镜 20 的两个实用的主体形式的描述。

[0046] 图 2B 描绘了以三个分段制成的依据本发明的镜主体组件 22B。镜的凹形反射表面 18 在具有矩形剖面的中心杆 30 的边缘上发生抛光和涂层。镜表面具有深度 D,如上文在之前的实施例中描述的。通过一系列螺栓 34(在图 2B 中仅一个可见)将侧壁或侧杆 32 夹紧到中心杆 30 的每侧。冷却沟槽 26 延伸通过侧杆。

[0047] 在中心杆的镜表面 18 已经进行抛光和涂层之后,附接可描述为热平衡杆的侧杆

32A 和 32B。优选地,中心分段和侧杆由相同的材料制成。优选的材料是铜。

[0048] 侧杆 32 的部分 31 延伸越过反射表面以使组件的热中性平面向前移动。这些部分比将大致 L 形或阶形剖面赋予侧杆的反射表面后方的部分厚。加厚部分 31 补偿不在它们之间的空间中的质量。而且,在该实施例中,热中性平面与反射表面的端重合,但是可能在上文讨论的范围内的任何位置。侧杆 32A 具有加工在其后边缘上的安装凸起部 36,用于将镜组件安装到激光器壳体的端凸缘上。下文中将进一步讨论该安装布置的细节。

[0049] 图 2C 描绘了也以三个分段制成的依据本发明的镜主体组件 22C。除了三个分段具有与组件 22B 的对应分段不同的剖面形状之外,镜主体在原理上与镜主体 22B 类似。中心分段 38 具有维数与图 1 的现有技术镜 10 的维数相似的 T 形剖面。侧杆 40A 和 40B 为 L 形且构造为当由螺丝 42 夹紧时与中心分段的横向表面形成热接触。侧杆 40A 具有加工到其后边缘上的安装凸起部 36,用于将镜组件安装到激光器壳体的端凸缘,如上文参照镜主体 22B 讨论的。

[0050] 图 3、图 4 和图 5 示意性地图示了安装依据本发明的热中性平面镜的细节。这里,具有图 2B 的镜组件构造 22B 的镜安装到凸缘 50 上,凸缘 50 为用于容纳盘形激光器共振器、电极和激光气体混合物的可气密壳体(未示出)的一个端凸缘。槽 52 围绕与其周边相邻的凸缘延伸且构造为接受金属“C 形圈”或铰“O 形圈”以便于密封。可构思的是,类似的镜和凸缘布置将密封到空间诤提的相对端以形成非稳共振器。

[0051] 通过将侧杆 32A(具体参见图 4)上的安装凸起部 36 附接于柱 54(具体参见图 5)上,将镜组件 22B 安装到凸缘 50 上,柱 54 经由通过从后侧加工凸缘而形成的整体式挠性隔膜 56 整体附接于凸缘 50。这提供的是,可以沿在共振器中用于将其反射表面对齐的两个横向轴上调整安装的镜组件。除了允许镜表面对齐之外,这种从脱离激光器壳体的外部安装的方法降低了由于附接过程使反射表面畸变的可能性。该方法也允许冷却剂通道置于侧杆的长度之内而不是在中心分段之内,进一步降低了使反射表面畸变的可能性。对齐布置的详细描述对于理解本发明的原理不是必要的。在上文引用的‘577 公布中可以找到详细描述。

[0052] 安装凸起部 36 相对于镜组件的长度的窄长度使得镜组件 22B 和凸缘 50 之间的机械连通和热连通最小化。这提供的是,从确定 TNP 位置的观点看,镜组件可以处理为独立的(实质上隔离的)组件。

[0053] 镜组件 22B 的冷却布置如下。位于凸缘的背侧的主(外)冷却剂歧管(未示出)分流冷却剂流且将冷却剂流引导到上下辅助(内)冷却剂歧管 60,所述上下辅助冷却剂歧管 60 延伸通过凸缘且通过垫圈 62 密封到凸缘。辅助冷却剂歧管分别优选地由镀金铜制成。各内冷却剂歧管的出口将冷却剂引导到导管 64,导管 64 将流引导到各个上下镜侧杆 32A 和 32B 的中心入口/出口端口 66 中。冷却剂通过 U 形导管 68 和 70 在侧杆中循环贯通沟槽 26。冷却剂返回到端口 66 且通过导管 72 从端口引回到内冷却剂歧管,内冷却剂歧管将冷却剂引回到外歧管。

[0054] 图 6 是示意性地图示在并入了具有图 3 的镜的大致构造(实线曲线)的高度反射和输出耦合的镜组件的激光器的一个实施例中作为时间的函数的测量到的远场角位置的曲线图,与具有图 1 的现有技术镜构造(虚线曲线)的类似激光器的作为时间的函数的测量到的远场角位置进行比较。在各情况下,激光器与 CO₂ 盘形激光器密封隔离,使镜形成负

支非稳共振器。在各情况下,激光器输出功率在 10kHz (PRF) 的情况下 60% 占空比处平均近似为 1.5kW。各个实施例的输出耦合为 12%。可以看出,本发明的镜构造实质上完全消除了现有技术所经受的瞬态偏转“波尖”。镜的热时间常数平衡了 10kHz PRF 处的脉冲-脉冲偏转效应。

[0055] 本发明的镜的由镀金铜制成的一个的维数如下。镜的长度为 159mm。镜的曲率半径为 1044.55。中心分段 30 具有 8.0mm 的厚度。侧杆 32A 和 32B 各自具有在向前边缘处的 9.7mm 的厚度以及在向后边缘处的 7.6mm 的厚度。每个侧杆的总宽度为 25.4mm,向前 9.7mm 厚的部分具有 10mm 的宽度。上侧杆 36 上的安装凸起部 36 具有 10.2mm 的宽度和 20.3mm 的长度。各反射表面的吸收估计约为 0.2%。冷却沟槽 26 具有 0.125 英寸的直径且定位为距侧杆的前表面 0.118 英寸和 0.160 英寸。输出耦合镜的长度为 132mm,且曲率半径为 887.85mm。

[0056] 利用可从 Logan,Utah 的 Ophir-Spiricon Inc. 获得的 Pyrocam™ III 热电阵列照相机进行偏转测量。照相机的记录速度近似为每秒 25 帧。

[0057] 图 7 是示意性地图示了依据本发明的镜组件 22D 的又一实施例的从前侧看到的三维视图。除了在各侧杆 32A 和 32B 的朝向前的面上附接有各自与侧杆的材料不同的材料(金属)制成的条 33A 和 33B 之外,组件 22D 的构成与图 3 的实施例组件 2B 类似。在这里以及在所附的权利要求中,术语朝向前指的是朝向其反射表面 18 为一端镜的共振器(未示出),即朝向反射表面面向的方向。条通过螺丝 35 附接于侧杆。螺丝 35 的长度应当选择为足够短以使螺丝不阻碍侧杆中的冷却剂沟槽。在该实施方案中,条由具有比杆的金属材料低的热膨胀系数的材料形成。当侧杆由铜制成时,不锈钢是适用于条 33A 和 33B 的一种材料。

[0058] 由于两个材料的不均匀膨胀率,杆和条将呈现成双金属效应。在该情况下,双金属效应趋于使得凹形镜变得更加凹陷。相反地,由一些激光能量的吸收引起的不均匀加热趋于使得镜变得较不凹陷。通过正确地选择刚条的厚度和尺寸,可以平衡两个效应,从而最小化畸变。

[0059] 图 8 是示意性地图示了依据本发明的镜组件的又一实施例 22E 的从后侧看到的三维视图。镜组件的构造与图 3 的图 2B 的组件类似,但是其中,组件的中心分段 30 具有一定材料的条 39,所述条 39 通过螺丝 35 附接于中心分段的朝向后的表面,所述条由与中心分段 30 不同的材料制成。在该实施方案中,条的热膨胀系数选择为大于中心分段的热膨胀系数,以便抵消通过加热镜的前表面引起的热梯度的效应。当中心分段 30 由铜制成时,铝是适用于条 39 的材料。

[0060] 条在侧杆或中心分段上的该布置提供了双金属效应,在设计本发明的镜组件时双金属效应提供了附加的自由度。例如,该附加自由度可有利于提供最小化或消除激光器在比图 6 的测量时间长得多的时间内延迟工作时反射表面 18 的逐渐曲率变化的设计。

[0061] 本发明所属领域的技术人员将从图 3、图 4、图 7 和图 8 中的本发明的镜组件的代表例中理解到,组件的部件具有相对缩放的维数。上文提供了镜的测试实施方案的示例性维数。基于这些相对的和实际的维数,本发明所属领域的技术人员可以易于在有限元分析 (FEA) 软件中确定用于精细化的对应起始形状,以便为不同的共振器构造和所选材料确定镜的实施方案的热中性平面的位置。利用该软件,本领域技术人员可以确定提供与反

射表面大致重合的热中性平面的其它镜组件布置,而不偏离本发明的主旨和范围。

[0062] 上文中依据优选的和其它的实施方案描述了本发明。然而,本发明不限于描述和描绘的实施方案。而是,本发明仅通过所附的权利要求限定。

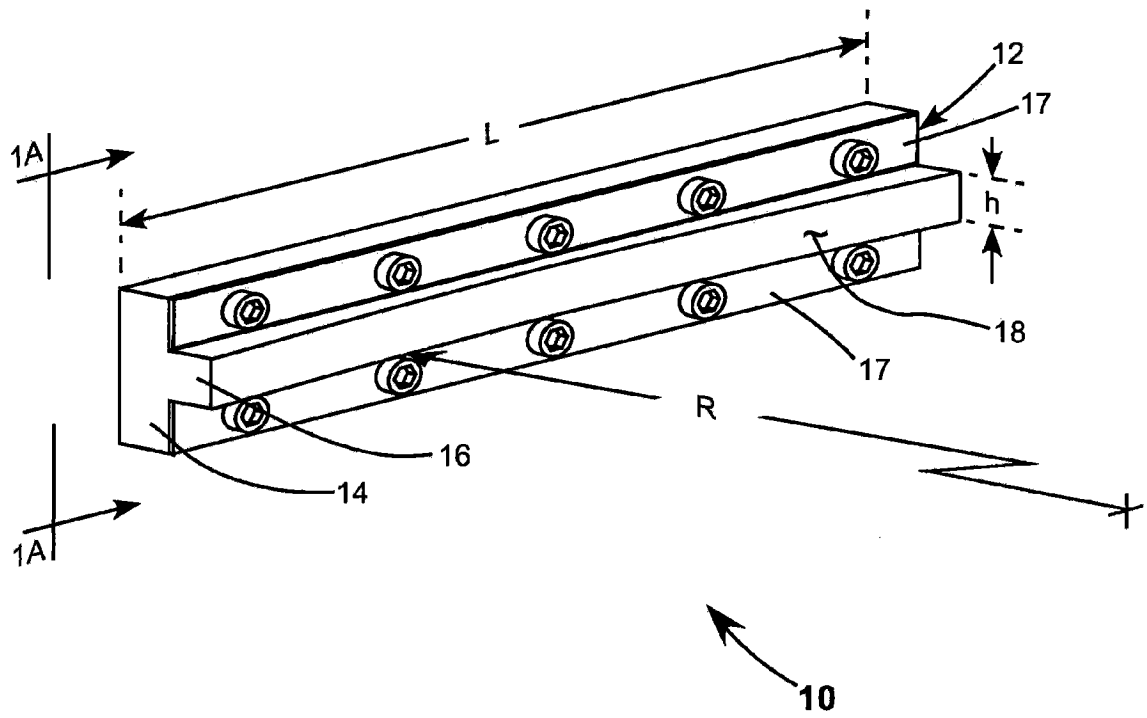


图 1(现有技术)

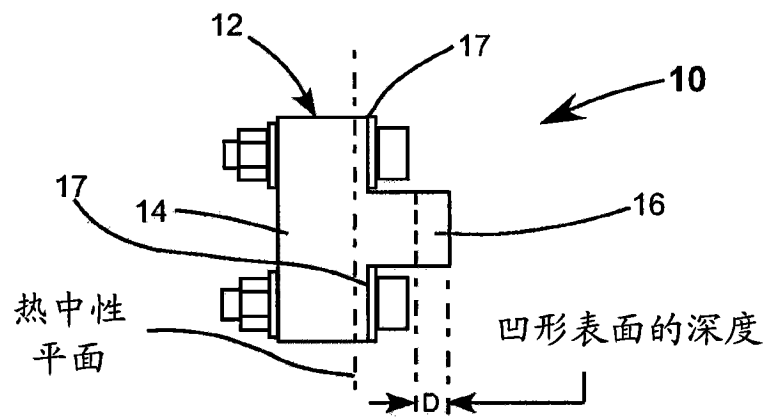


图 1A(现有技术)

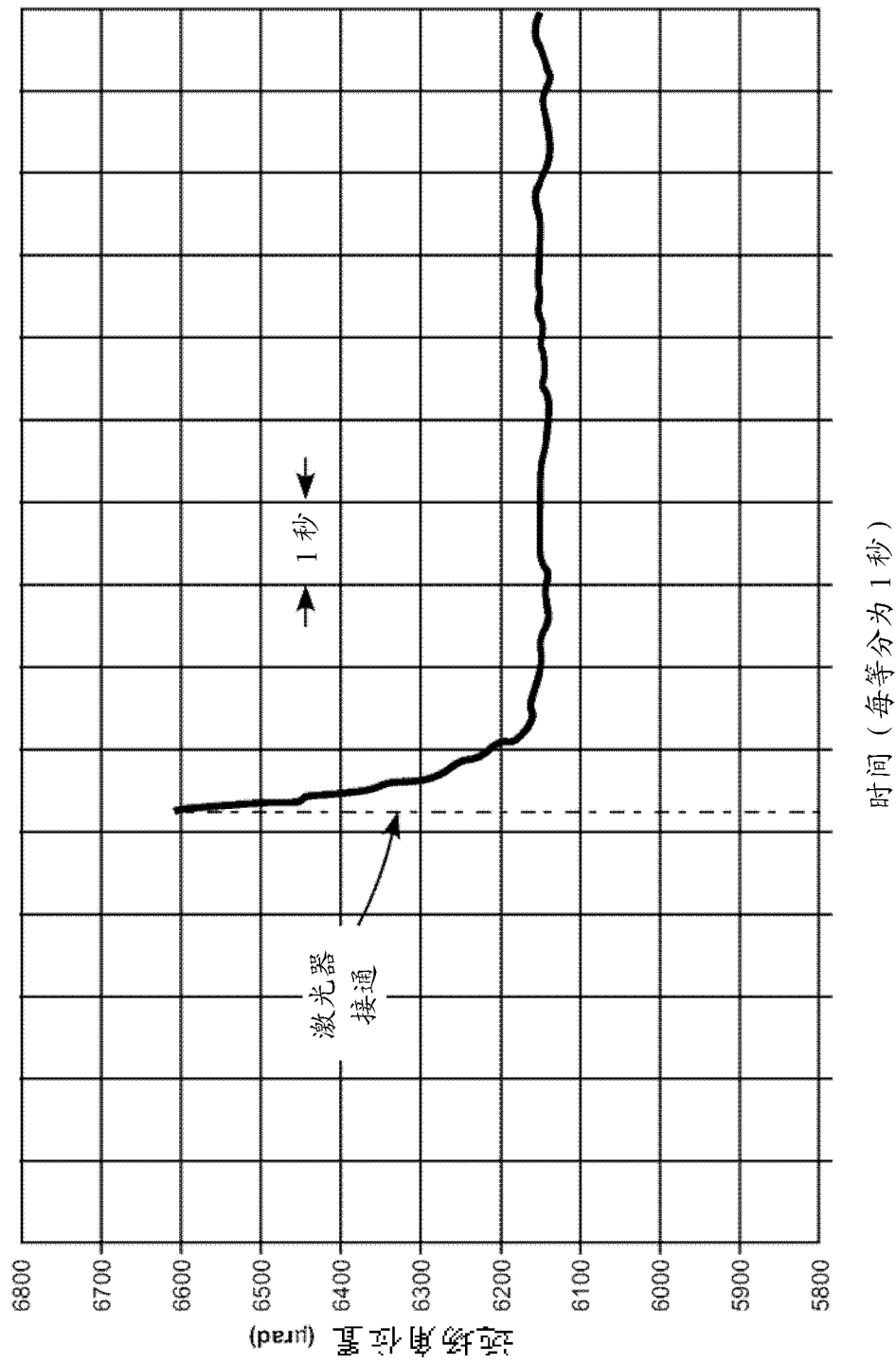


图 1B(现有技术)

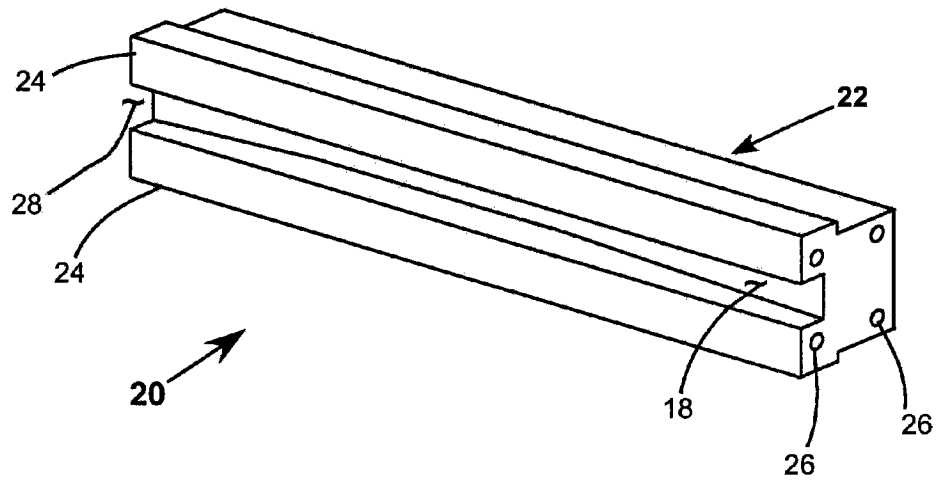


图 2

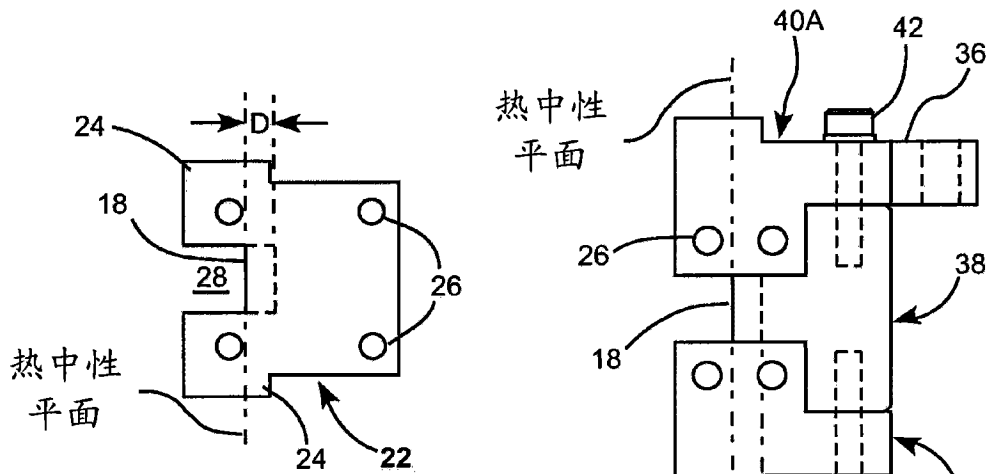


图 2A

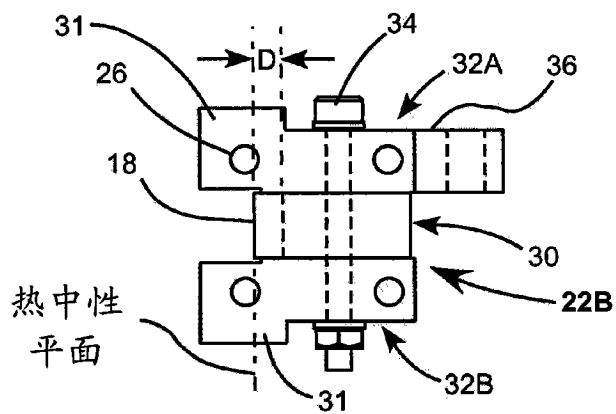


图 2B

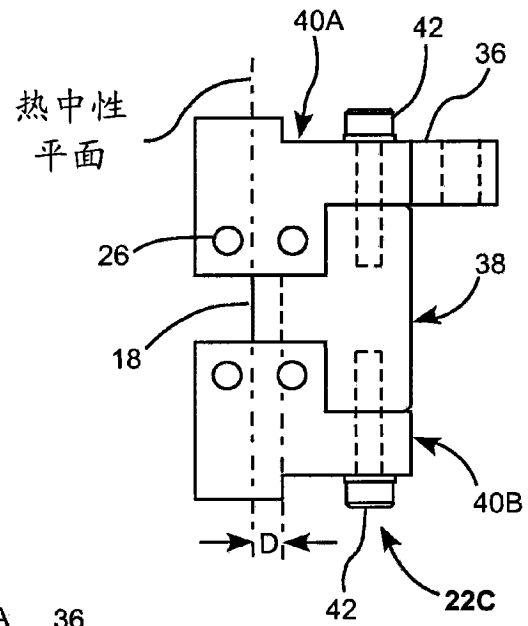


图 2C

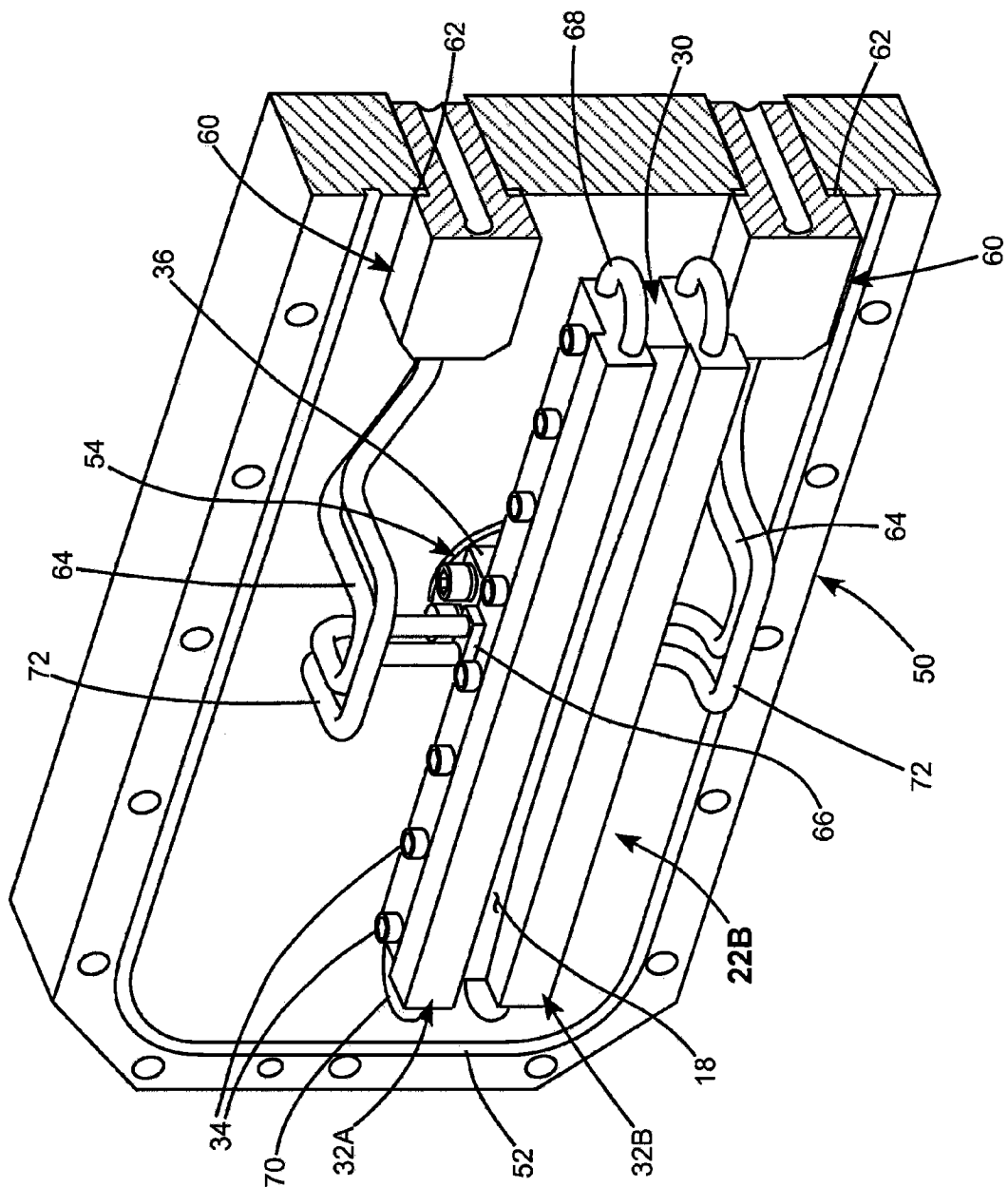


图 3

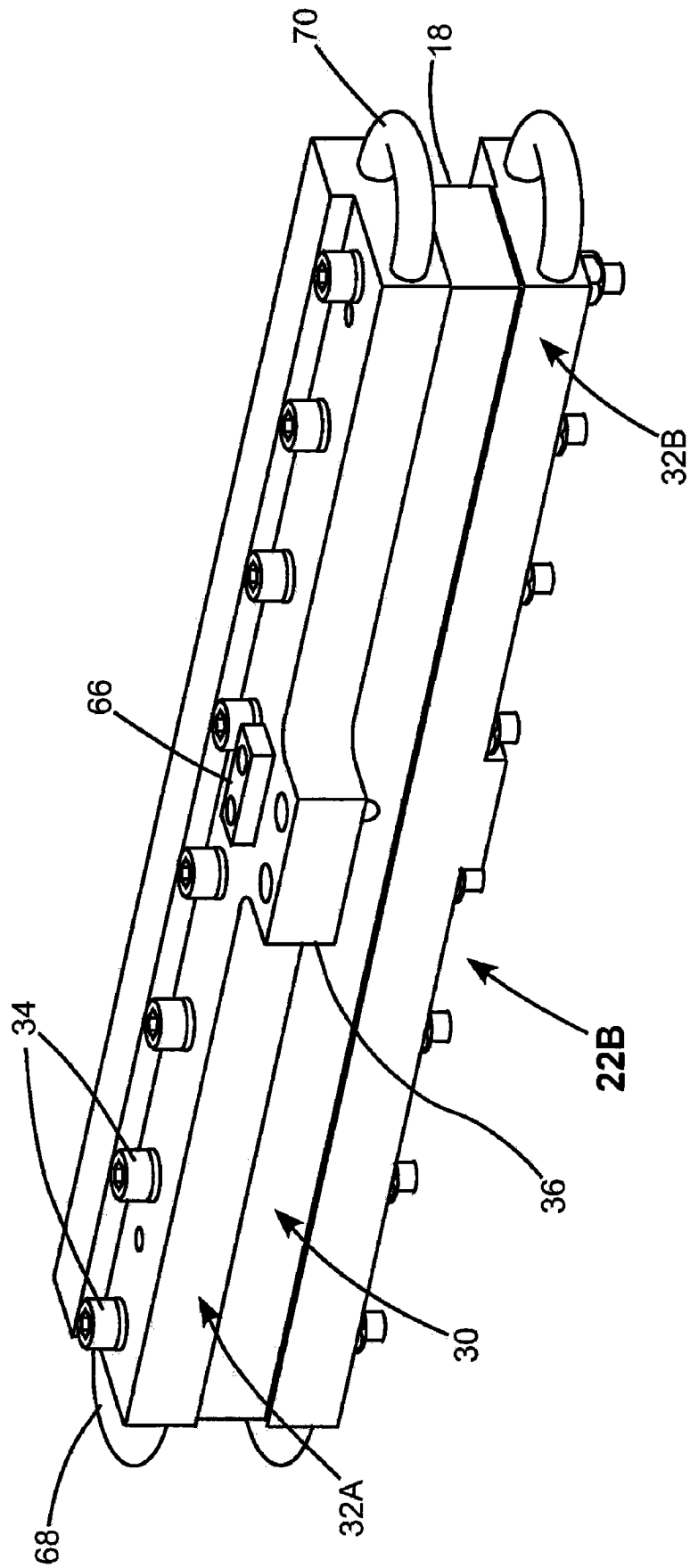


图 4

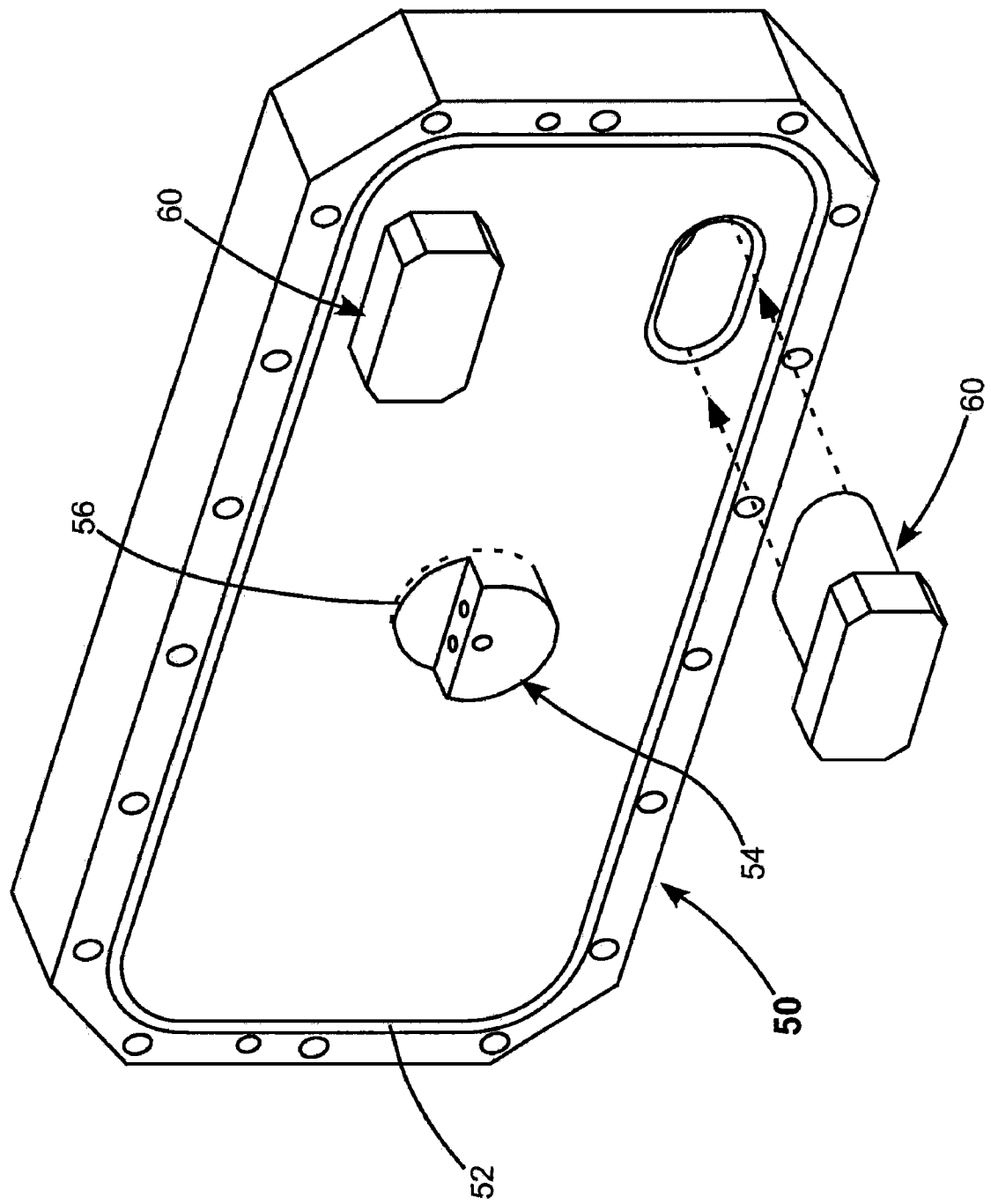


图 5

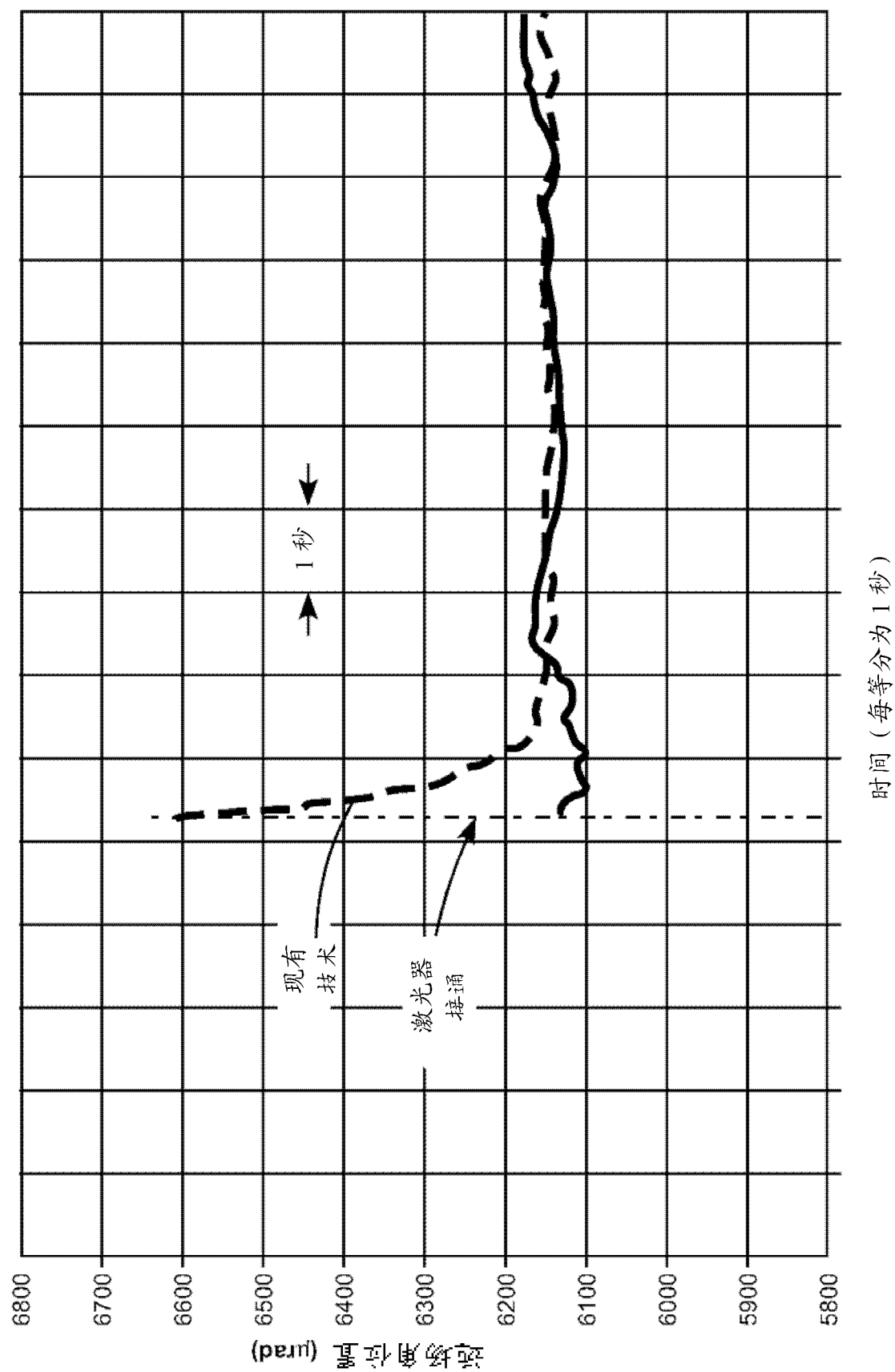


图 6

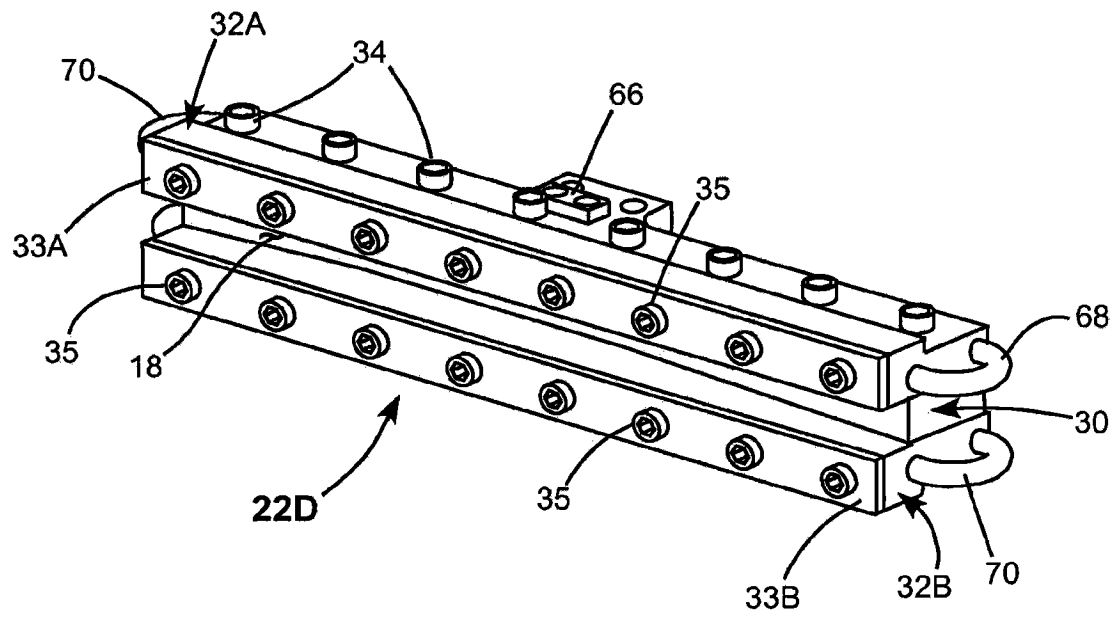


图 7

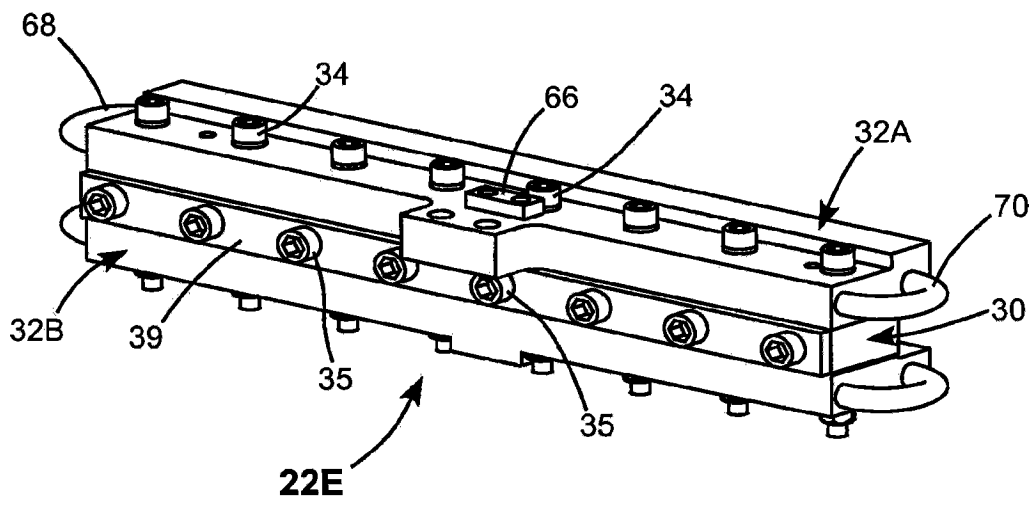


图 8