

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01S 3/042

H01S 3/0941

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97114614.4

[45] 授权公告日 2002 年 5 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 1084065C

[22] 申请日 1997.7.14 [24] 颁证日 2002.5.1

[21] 申请号 97114614.4

[30] 优先权

[32] 1996.7.15 [33] US [31] 683,585

[73] 专利权人 TRW 公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 詹姆斯·M·扎迈勒

罗伯特·(NMI)廷蒂

乔治·M·哈波勒

审查员 杨哲

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

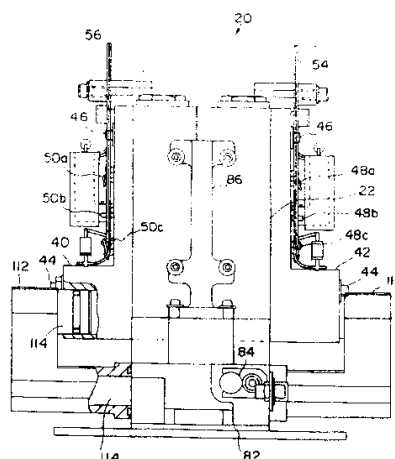
代理人 张祖昌

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图页数 6 页

[54] 发明名称 用二极管激光器抽运的固体激光增益模块

[57] 摘要

一种紧凑的用二极管激光器抽运的固体板块式激光增益模块。它包括一陶瓷壳体、一配置于激光腔中优选为一块 Nd:YAG 晶体的激光增益介质、以及一光泵浦源。二极管激光器阵列被提供用来对激光增益介质的至少一个侧面进行抽运。它还包括一冷却激光增益介质的简化冷却剂分配系统用于在它的顶面和底面间产生十分均匀的温度分布。侧面通过让冷却剂流经位于激光增益介质和由熔接到壳体上的蓝宝石组成的窗口之间的流通通道来使之冷却。



权 利 要 求 书

1. 一种用于产生输出光束的用二极管激光器抽运的固体板块式激光增益模块，包括：

一个氧化铝材料的陶瓷壳体；

一配置在陶瓷壳体中并被其支撑的激光增益介质，该激光增益介质具有一顶面、一底面和一对相对的侧面；

安装于陶瓷壳体之上并位于至少一个侧面近旁的泵浦装置，用来辐射激光增益介质并产生输出光束，其中，所述泵浦装置包括一个二极管激光器阵列，它被安装在一个集合板上并位于每个侧面的近旁，用来辐射激光增益介质，每个集合板被安装在壳体上并由镀有静电放电镀层的塑料材料制成；

临近激光增益介质顶面和底面的热控制装置，用于选择性地对顶面和底面进行加热或冷却；

冷却激光增益介质的装置，用来在底面和顶面间产生基本上均匀的温度分布，该冷却激光增益介质的装置包括输送冷却剂到每个侧面上区的装置，而该输送冷却剂到每个侧面上的装置包括：

一对窗口，每个窗口与两侧面之一邻接并平行，所述窗口具有与陶瓷壳体的热膨胀系数十分匹配的热膨胀系数，窗口表面具有增透的镀层，该镀层能有效地透过每个泵浦装置发射的辐射；和

密封装置，包括能为每个泵浦装置所发送的辐射及激光输出所穿透的材料，该密封装置包括一对密封件，每个密封件被配置到基本上位于两窗口之一及激光增益介质之间的地方；以及，

冷却每个泵浦装置的装置；

其中：陶瓷壳体具有一有效的热导率和热膨胀系数来充分维持激光腔中输出光束的对准。

2. 如权利要求 1 所述的激光增益模块，其特征为：所述窗口由蓝宝石组成并且被用玻璃钎焊到陶瓷壳体上。

3. 如权利要求 1 所述的激光增益模块，其特征为：所述密封件由在

感兴趣的波长上光学透明的硅橡胶材料组成。

4. 如权利要求 1 所述的激光增益模块，其特征为：所述激光增益介质由 Nd:YAG 晶体材料组成。

5. 如权利要求 4 所述的激光增益模块，其特征为：每个所述泵浦装置发射具有波长 804nm-808nm 的辐射。

6. 如权利要求 1 所述的激光增益模块，其特征为：所述热控制装置包括一邻接于顶面的上边缘控制杆和一邻接于底面的下边缘控制杆，上边缘控制杆和下边缘控制杆各自都限定了一个冷却剂流通通道，冷却剂经该通道被输送，上边缘控制杆和下边缘控制杆各自还包括加热装置用于选择性地施加热量到顶面和底面上去。

7. 如权利要求 6 所述的激光增益模块，其特征为：所述上边缘控制杆和下边缘控制杆分别用加氧化钡或带其它金属氧化物的硅橡胶 RTV 或其它热传导性好的粘接剂粘接到所述顶面和底面上。

8. 如权利要求 1 所述的激光增益模块，其特征为：每个集合板均包含多层具有用溶剂粘接法或其它粘接剂方法粘接的结构塑料，每个集合板在它上面都具有静电放电镀层。

说明书

用二极管激光器抽运的固体激光增益模块

本发明是根据美国空军所提供的合同并在美国政府的支持之下完成的。因此美国政府在本发明中享有某些权利。

本发明有关固体激光器，更具体地说，有关用二极管激光器抽运的固体激光增益模块。

固体板块式激光增益模块由一壳体和一光学泵浦源组成，该壳体中有诸如钕钇铝石榴石（Nd:YAG）或钕玻璃的固体激光增益材料，该光学泵浦源用于抽运激光增益材料中的各种核素来产生粒子数反转。激光增益介质典型地具有矩形横截面的板块式结构，并包括有光学抛光过的主侧面和端面，以及垂直于主侧面的侧面。光学泵浦源典型地是能在较宽的光波长带上激发的闪光灯。

二极管激光器已被用来替代闪光灯来抽运固体激光器。二极管激光器比宽带闪光灯更能提供与激光增益介质的吸收峰值更接近的匹配。这一改善了的波长匹配性增加了固体激光增益模块的效率，并降低了具破坏性的热效应。

在典型的板块式固体激光增益模块中，由泵浦源发送的电磁辐射打到激光增益模块的主侧面上来抽运活性核素以产生粒子数反转。光波与受激原子的相互作用放大了光波。通常通过在主侧面上多次内部的“Z”字形反射使一束相干辐射光沿激光器介质的纵轴通过。这些内反射平均是激光增益介质中的热波动。每次当光束通过激光器介质以增加增益时，光束便被放大。

光泵浦在激光增益介质中产生大量的热并增加了介质的温度。已经有采用侧管道来向系统输送冷却水或提供热量的方法来控制激光增益介质侧面环境的温度。激光器介质的主侧面则通常采取让冷却剂流经整个主侧面来进行冷却。

固体激光增益介质通常具有低的热导率，因此在被冷却的外表面和

热的内部会产生一温度梯度。该温度梯度会在材料中产生热应变，从而造成热诱发的光学畸变。由横向（宽度方向）温度梯度引起的横向光学畸变会变得很大，从而降低激光束的功率输出及光束质量。因此，重要的是要控制激光增益介质顶面和底面间的温度分布（梯度）。

与产生固体激光束相关的另一严重问题是维持光束在激光增益模块中的对准，它常常在光泵浦过程中受到所产生的高强度辐射的影响。已知的激光增益模块由具有高热导率的金属壳体组成，但这些壳体也具有高的热膨胀系数。这些性质使壳体在高温下产生热的和结构上的不稳定性。已知的激光增益模块受到壳体在高温下的温度梯度以及由壳体的高膨胀系数和对辐射的高吸收所产生的热畸变所影响。热畸变产生光路漂移并使输出光束失去对准而偏离目标。这种热畸变阻碍了建立和维持稳定的光束。

在高增益激光增益模块中与金属壳体有关的另一问题是在激光腔中由辐射的镜反射所引起的寄生激光振荡。寄生激光振荡会使金属壳体产生激光作用和烧蚀现象。被烧蚀的金属会沉积在激光增益介质上并最终毁坏介质。

已知的具有金属壳体的激光增益模块包括有完善的冷却系统来进行适当的温度控制，它典型地是由不锈钢或铝材料制成的。这样便增加了激光增益模块的体积和复杂性，而且也大大增加了它们的重量。冷却系统也可以是一种污染源，因此水流通道常常是加有金制衬的。在正常运作中，金制衬常常会从衬底材料上脱落下来。这样，水流通道的未涂复部分便将暴露于腐蚀性环境。黄金以及腐蚀性产物使被夹带进冷却液流而成为污染物。

因此需要改善固体激光增益模块的结构和操作以提高激光器工业应用方面的商用寿命。已知的固体激光增益模块具有大、复杂和重的金属结构，这种金属支撑组装件会对辐射产生镜反射且在高温时不能提供热的和结构上的稳定性以保持光束的对准，已知的激光增益模块还需要复杂的冷却方法，它们进一步增加了增益模块的体积和重量并因此成为污染源。此外，已知的激光增益模块不能对激光器介质提供合适的支撑和控制，不能为二极管激光器阵列提供精确的支撑，不能为激光器介质和

二极管激光器冷却剂流通通道提供同步的冷却剂分配并使冷却剂与二极管激光器阵列隔开。

因此，有必要发明一种能克服已有装置的上述存在问题和缺点的用二极管激光器抽运的固体激光增益模块。

本发明有关一种能满足上述要求的用二极管激光器抽运的固体激光增益模块。本发明提供一种紧凑、简化的结构、热的和结构的稳定性、对激光增益介质的支撑和温度控制以维持光束的对准、对用于对激光器介质作光学抽运的二极管激光器阵列的精确支撑、以及一能为激光增益介质和二极管激光器冷却剂流通管道同时分配冷却剂的简化冷却系统，而且本发明对由泵浦源和激光增益介质所发射的光波长并不产生镜反射作用。

根据本发明所述的用二极管激光器抽运的固体板块式激光增益模块包括一陶瓷壳体。激光增益介质被配置于该壳体中。该激光增益介质具有一对端面 and 一对相对的侧面。至少提供一个二极管激光器阵列来辐射激光增益介质。

该激光增益模块进一步包括用于冷却激光增益介质以在顶面和底面间产生十分均匀的温度分布的装置以及用于冷却每个二极管激光器阵列的装置。

壳体优选地由氧化铝材料组成，它能提供很好的机械、热、抗污染及光学方面的特性。氧化铝具有高热导率和低热膨胀系数以确保高温下具有热和结构的稳定性。氧化铝能减少激光增益介质冷却方法的复杂性并能维持光束的对准。氧化铝同时也是光的漫反射器，并在一定的波长范围内具有较低的吸收率。这些性质减少了寄生激光振荡，也减少了对壳体的热输入。

一个二极管激光器阵列优选地被配置在靠近每个侧面的地方来均匀辐射激光增益介质，该激光增益介质优选地是一块 Nd:YAG 晶体。二极管激光器阵列被安装在二极管激光器集合板上，该集合板优选地由具静电放电镀层的塑料制成。

用于冷却激光增益介质的装置包括用于输送冷却液到各侧面上的装置。一个窗口被配置在与各侧面相邻接且平行的地方，用来限定冷却剂

流经各侧面的流通通道。窗口优选地由蓝宝石组成，蓝宝石上镀有增透层，窗口优选地采用玻璃钎焊方法连接到壳体上。在窗口和激光增益介质之间提供有密封来密封激光增益介质。密封优选地由硅橡胶材料组成，它能被二极管激光器阵列发出的辐射和激光器输出所穿透。

热控制装置被提供用来选择性地对顶面和底面加热和冷却。热控制装置优选地包括一配置在顶面附近的上边缘控制杆和一配置于底面附近的下边缘控制杆。上、下边缘控制杆各自规定了冷却液流动的通道，每个控制杆包括加热装置用于选择性地对顶面和底面进行加热。上边缘控制杆和下边缘控制杆优选地用加氧化钡的硅橡胶 RTV 各自粘接到顶面和底面之上。

具有紧凑、简化结构的冷却剂分配源向不同的载荷提供冷却剂。

通过下面的附图、说明和权利要求书可以更好地理解本发明这样和那样的特点、方面以及优点。

图 1 为根据本发明所述的用二极管激光器抽运的固体激光增益模块的局部剖侧视图；

图 2 为图 1 中的激光增益模块的局部剖横截面视图；

图 3 为图 2 中剖切线 3 - 3 方向的纵截面视图，但未画出冷却剂分配集合板；

图 4 为图 1 的激光增益模块的局部剖正视图；

图 5 为装于激光增益介质之上的边缘控制杆的放大的局剖视图；

图 6 为一放大局部视图，表明密封相对于蓝宝石窗口和激光增益介质的位置以及窗口熔接物相对于壳体的位置；

图 7 为一示意图，表明冷却剂对二极管集合板，边缘控制杆以及平板冷却剂流通通道的分配情况。

本发明为如图 1 中所示的一个用二极管激光器抽运的固体激光增益模块 20。该激光增益模块 20 包括一陶瓷材料加工成形的壳体 22。壳体材料优选地为氧化铝，它能提供热的、无污染的、机械的和光学方面的诸多优点。氧化铝具有高的热导率，它能减少温度梯度及与此相关的由光泵浦时辐射吸收所造成的机械畸变。此外，氧化铝还具有很低的热膨胀系数来保证高温下的壳体尺寸稳定性。氧化铝也降低了向壳体 22 的热

输入。与已知的金属壳体结构相比，氧化铝的这些性质大大降低了对激光增益模块 20 的冷却要求。

氧化铝也具有高的刚度，它能使激光增益模块 20 在高强应力操作条件下保持很小的容差度。在壳体 22 中优选地提供了参考面（未画出）以便在装配时能精确地定位激光增益模块 20 的各个元件。

在光学特性方面，氧化铝是光的漫反射器，并能在感兴趣的波长上具有相对较低的光吸收。这一点减少了寄生激光振荡的可能性，寄生激光振荡是能干扰激光增益模块 20 工作的杂散光波。氧化铝可克服通常在已有的金属壳体中由寄生振荡引起的烧蚀问题，并能防止由这种烧蚀掉的金属的沉积而对激光增益模块所造成的破坏作用。

参照图 2 和图 3，一块扁平的激光增益介质 24 被固定在壳体 22 中的激光腔之中。如图所示，该激光增益介质 24 具有矩形横截面并被垂直地装于激光增益模块 20 之上。该激光增益介质包括一顶面 26、一底面 28、相对立的主侧面 30、32，以及相对立的两端面（未画出）。主侧面 30、32 以及端面优选地经光学抛光处理过。两端面优选地与侧面 30、32 成一不垂直的角度，这样光纵向从“Z”形的模式通过激光增益介质 24。激光增益介质 24 从光泵浦源吸收辐射以产生受激核素的粒子数反转，受激核素从粒子数反转中形成激光跃迁，从而产生激光输出。

激光增益介质 24 优选地是一种钕钇铝石榴石（Nd:YAG）晶体，它能在 1064nm 的主波长上激发。也可备择性地使用诸如 Yb:YAG、含钕玻璃和含钛蓝宝石等其它合适的激光增益材料。

用于抽运激光增益介质 24 的辐射源优选地包括许多排成列阵形式的二极管激光器。二极管激光器阵列的光输出可被精确调谐至激光增益介质 24 中的激活核素的吸收线上，以达到一个高的泵浦效率，同时也减少有害的加热效应。在本发明中，二极管激光器阵列优选地在 804nm 到 808nm 的波长范围内发射辐射以抽运激光增益介质 24。Nd:YAG 激光增益介质 24 在 1064nm 的波长上再发射激光输出。

如图 2 所示，一对二极管激光器集合板 40、42 被配置在激光增益模块 20 的相对的两侧。二极管激光器集合板 40、42 被用诸如拉长螺纹紧固件 44、46 那样的紧固器安装到壳体 22 之上。参照图 4，许多单个

的二极管激光器 48a、48b、48c(此处集体称作二极管激光器阵列 48)被安装到二极管激光器集合板 40 之上。许多二极管激光器 50a、50b 和 50c(见图 2)(此处集体被称作二极管激光器阵列 50)被安装到对面的二极管激光器集合板 42 之上。如图所示,二极管激光器阵列 48、50 的单个二极管激光器优选地十分均匀地互相分隔开一定的距离。如图 2 所示的那样,二极管激光器延伸到激光腔中,靠近激光增益介质 24。二极管激光器 48a、48c 和 50a、50c 以跟水平线成一角度的形式斜伸进激光腔。各个二极管激光器的这种排列方式和取向能够对激光增益介质 24 的主侧面 30、32 进行均匀的抽运。也可采用对二极管激光器阵列 48、50 的其它排列方式和取向。此外,在某些实例中可能仅仅只提供一个二极管激光器阵列(例如二极管激光器阵列 48 或 50)来对激光增益介质 24 的仅仅一个主侧面进行光学抽运。

参照图 4,用多个二极管激光器电力母线 54(图 4)、56(图 1)将电力分配到与二极管激光器阵列 48、50 相连的电源连接器 52。

尽管较少优选使用,也可备择性地使用其它合适的诸如闪光灯那样的激光泵浦来辐射激光增益介质 24。

二极管激光器集合板 40、42 由塑料制成。二极管激光器集合板 40、42 优选地包括一用溶剂粘接的三层塑料结构,塑料上有静电放电镀层。这种多层结构制造起来简单又便宜,跟已知的金属冷却系统不同,塑料是无污染的。塑料的重量轻,但却能提供高的机械刚度。此外,塑料还不受二极管激光器阵列 48、50 所发射的 804nm 到 808nm 波长辐射或 1064nm 波长的激光输出的影响。镀层过的塑料在正确接地之后还能消除能损害二极管激光器的静电积聚。

参照图 2,一对通常是矩形形状的窗口 58、60 被配置在激光增益介质 24 的两相对侧面上,位于激光增益介质 24 和二极管激光器阵列 48、50 之间。窗口 58、60 与激光增益介质 24 邻接且平行,从而确定冷却剂流通通道 62、64,冷却剂则纵向地流过上述通道到激光增益介质 24 的主侧面 30、32 上。

窗口 58、60 优选地由蓝宝石组成。蓝宝石具有与氧化铝壳体 22 的热膨胀系数相匹配的热膨胀系数,从而能将窗口 58、60 在位置 59(如

图 6 所示) 玻璃钎焊(熔接)到壳体 22。也可备择性地采用其它具有与蓝宝石热膨胀性质相近的合适材料。窗口 58、60 表面镀有一增透涂层以通过二极管激光器阵列 48、50 发射的 804nm - 808nm 波光辐射,从而通过一邻接于每个窗口 58、60 的壳体开口 23 (图 3 中仅画出一个壳体开口 23) 来对激光增益介质 24 作光学抽运。

将蓝宝石窗口 58、60 熔接至氧化铝壳体 22 消除了对流通通道 62、64 中额外的流体密封或粘接连接的需求。这些额外的密封或连接均是潜在的流体泄漏源。熔接也消除了复杂流体通道配置以及对易碎的蓝宝石窗口 58、60 中密封座的使用。熔接还进一步简化了激光增益模块 20 的最后装配,因为窗口 58、60 是预先装好在壳体 22 之上的。

如图 2 和 6 所示,密封 66、68 分别定位在窗口 58、60 的上、下表面上,用于在冷却剂通过流通通道 62、64 时对激光增益介质 24 进行密封。密封 66、68 优选地由纯硅橡胶材料组成,这种材料能透射二极管激光器阵列 48、50 所产生的 804nm 到 808nm 波长的辐射以及激光增益模块 20 的 1064nm 波长的激光输出。密封 66、68 也可备择性地选用其它合适的透光材料组成。在通过这些光波长时,避免了对密封 66、68 的破坏性加热效应。密封 66、68 被仔细地相对于激光增益介质 24 进行定位以减小激光增益介质 24 中的温度梯度,这种温度梯度能降低光学性能。

一上边缘控制杆 70 和一下边缘控制杆 72 被用来控制边缘温度,并由此来控制激光增益介质 24 的温度均匀性。上边缘控制杆 70 位于靠近激光增益介质 24 的顶面 26 的地方,下边缘控制杆 72 则位于靠近底面 28 的地方。边缘控制杆 70、72 每根均提供加热和冷却的功能,通过增热和减热以补偿二极管激光器阵列 48、50 所产生的热来对激光增益介质 24 进行热控制。特别是边缘控制杆 70、72 每根均包括:一流通通道 74,用于让冷却剂流过到激光增益介质 24 的顶面 26 和底面 28 之上;和一加热元件 76。

图 5 详细画出了上边缘控制杆 70。下边缘控制杆 72 具有相同的结构,为简单起见图中未画出。如图所示,流通通道 74 与加热元件 76 之间有一热敏电阻 77,它提供比热阻。

边缘控制杆 70 用粘接剂 79 分别粘接到激光增益介质 24 的顶面 26 和底面 28 之上。优选的粘接剂为加有氧化钒的硅橡胶 RTV，它在光波长为 804nm-808nm 以及 1064nm 时能提供漫反射，能抗热破坏，并具有在边缘控制杆 70、72 和激光增益介质 24 间很好的热导率以防止局部加热现象。其它的粘接剂也可提供相似的特性。特别是用作填料的其它金属氧化物能提供相似的光和热的特性。

参照图 2，上热屏蔽 78 和下热屏蔽 80 被提供用来将杂散光保留在激光增益模块 20 的激光腔中。

激光增益模块 20 有一冷却剂分配系统，用于将冷却剂分配至各窗口 58、60 和激光增益介质 24 之间的冷却剂流通通道 62、64、边缘控制杆 70、72、以及如下面所述的用于冷却二极管激光器阵列 48、50 的二极管激光器集合板冷却剂通道。冷却剂到上述负载的分配情况在图 7 中加以描述。冷却剂优选地是水，但也可选用其它合适的冷却剂。

参照图 1，冷却剂分配系统包括一金属冷却剂分配基板 82 和一冷却剂控制阀 84，用以调节冷却剂到边缘控制杆 70、72 的供应量。参照图 4，在激光增益模块 20 的前面提供有一流量控制阀 120，用于控制进入冷却剂流通通道 62、64 的流量。冷却剂分配系统具有一紧凑的结构并包括单一的输入和单一的输出口。

一边缘控制杆冷却剂供应集合管 86 被装于冷却剂分配基板 82 之上的边缘控制杆 70、72 之上。如图 3 所示，边缘控制杆冷却剂供应集合管 86 限定了冷却剂供应通道 88，冷却剂流过该通道到下边缘控制杆 72 和上边缘控制杆 70。边缘控制杆 70、72 各自坐落在它们相对的两端，位于一对法兰 90、92 之中，这一对法兰也起着自夹紧导座的作用。采用弹性夹子 94 来在装配时对自夹紧导座 90、92 施加一弹簧力。导座 90 是用诸如为螺钉的普通联接器 96 连接到边缘控制杆冷却剂供应集合管 86 上的。导座 92 则是采用螺钉 96 连接到边缘控制杆冷却剂回流集合管 98 上的。冷却剂先是通过边缘控制杆 70、72 来冷却激光增益介质 24 的上表面 26 和下表面 28，然后通过一液体回流通道 100 回到冷却剂分配基板 82，流体回流通道 100 则如图中箭头所标那样形成于边缘控制杆回流集合管 98 之中。

参照图 3 和图 4, 冷却剂也流经一激光增益介质冷却剂供应通道 102 并回流通通过一激光增益介质冷却剂回流通通道 104。一端盖 106 连着一拉长紧固件 108 并封闭了激光增益介质冷却剂供应通道 102。端盖 110 则封闭了激光增益介质冷却剂回流通通道 104 的上端。冷却剂纵向地流经各窗口 58、60 和激光增益介质 24 之间的冷却剂流通通道 62、64 以冷却激光增益介质 24 的主侧面 30、32, 冷却剂然后则流经激光增益介质回流通通道 104 回到冷却剂供应源。

冷却剂也被分配用来冷却激光二极管阵列 48、50。如图 4 所示, 冷却剂分配系统包括: 一二极管激光器集合板冷却剂供给装置 112, 它确定了一供给通道 114 (见图 1), 冷却剂经该供给通道 114 流到二极管激光器集合板 40、42; 一二极管激光器集合板冷却剂回送装置 116, 它确定了一回送通道 (图中未画出), 冷却剂则经该回送通道被返回到冷却剂分配基板 82。二极管激光器集合板冷却剂供给装置 112 和二极管激光器集合板冷却剂回送装置 116 典型地是由金属制成。冷却剂被分配到二极管激光器集合板 40、42 之内来冷却二极管激光器阵列 48、50 的每个激光二极管。

因此, 根据本发明的激光增益模块 20 具有一紧凑、简单的结构, 它向激光增益介质 24 提供高水平的支撑和温度控制来维持激光腔中的光束对准。这些优点是采用氧化铝壳体 22 的结构形式来取得的。氧化铝克服了金属烧蚀问题及与此相联的激光增益介质失效的问题, 并能够将玻璃钎焊法应用到蓝宝石窗口 58、60 上去。壳体 22 也提供对二极管激光器阵列 48、50 的精确支撑以保证对激光增益介质 24 始终如一的光学抽运。此外, 氧化铝壳体 22 降低了对冷却的要求并能因此而使用简化的冷却剂分配系统来将冷却剂分配到激光增益介质 24 以及二极管激光器集合板 40、42, 其中冷却剂与二极管激光器阵列 48、50 相隔离。冷却剂分配系统也消除了金属剥落和腐蚀所造成的污染问题。激光增益模块 20 能在激光增益介质中沿垂直方向保持一十分均匀的温度分布以增加光束质量。此外, 用于构筑激光增益模块 20 的材料并不受 804nm-808nm 以及 1064nm 波长的不利影响, 也不对上述波长的光产生镜反射作用。

至此已经根据某些优选实施例对本发明作了十分详细的叙述, 然

而，其它的实施例也是可能的。因此，所附的权利要求书的精神和范围也不应仅局限于本文所包含的优选实施例的叙述。

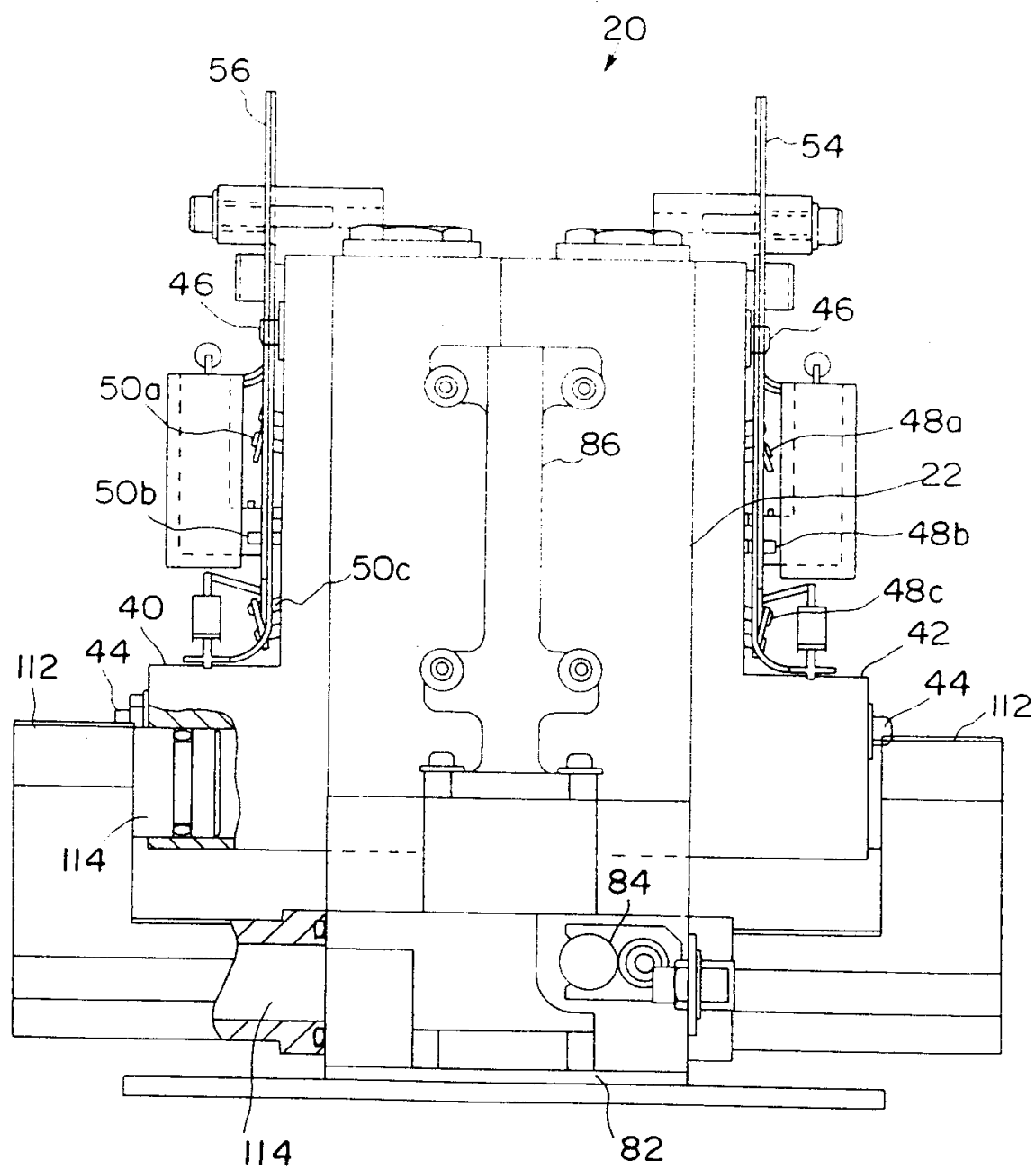


图 1

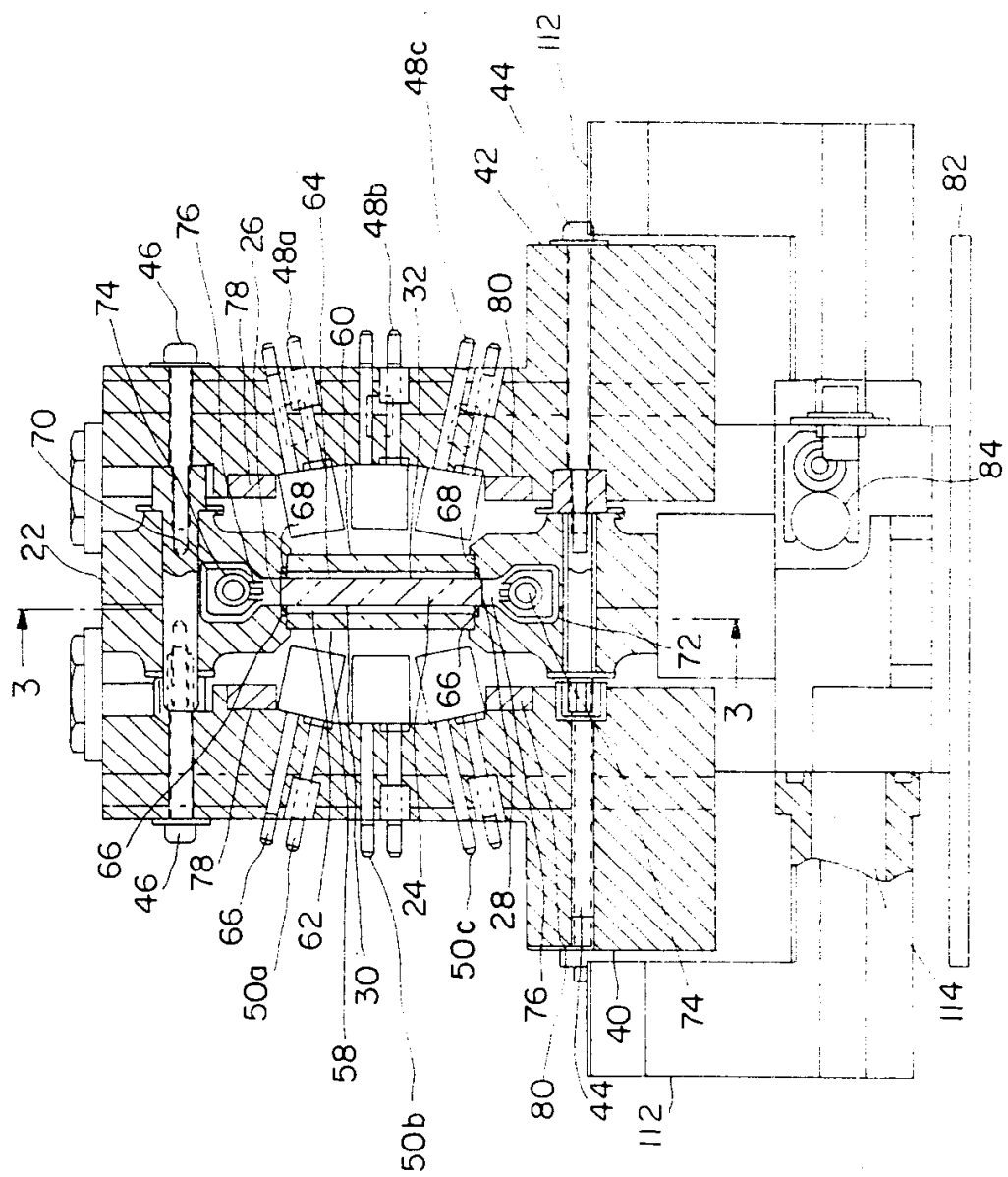


图 2

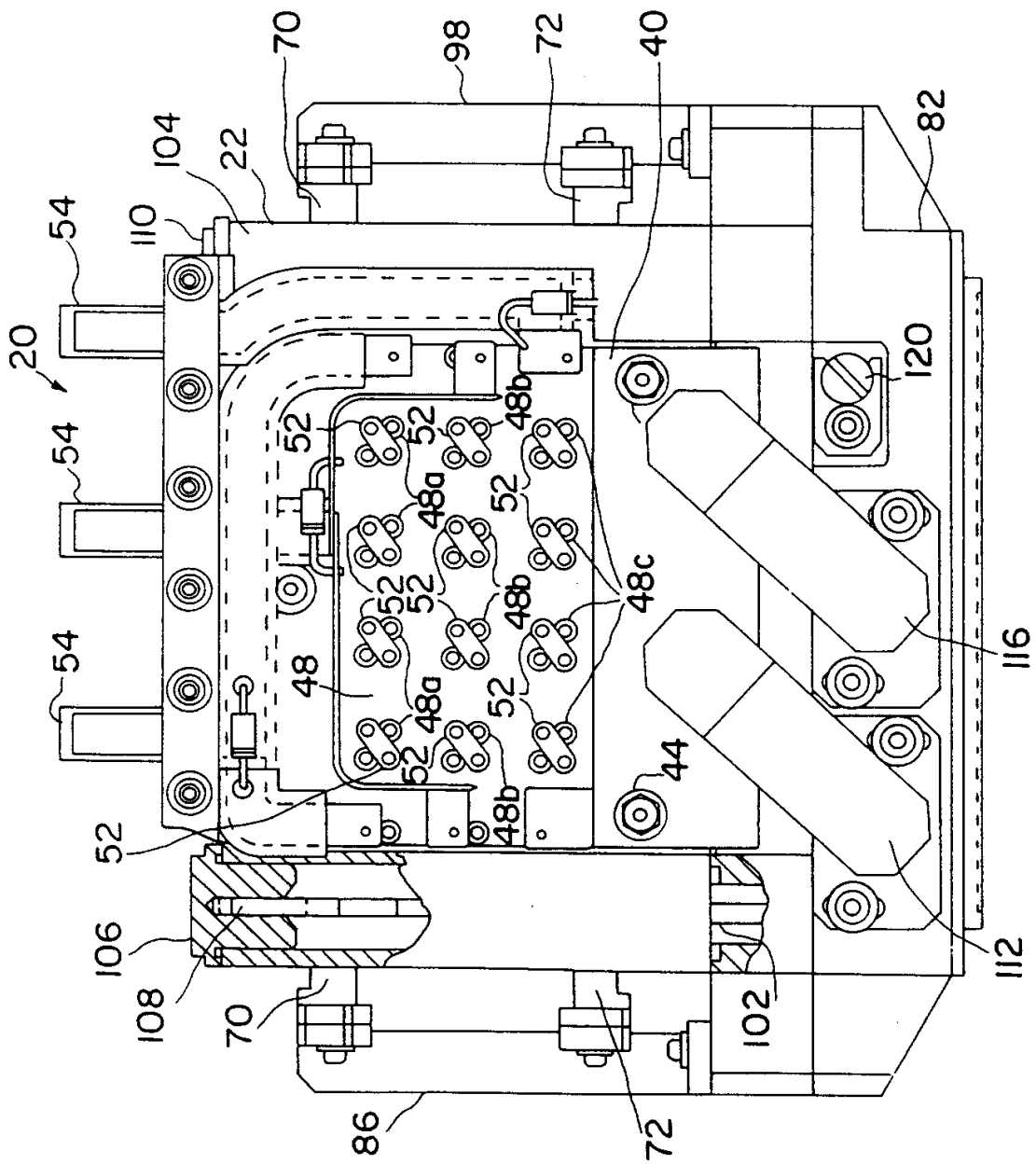


图 4

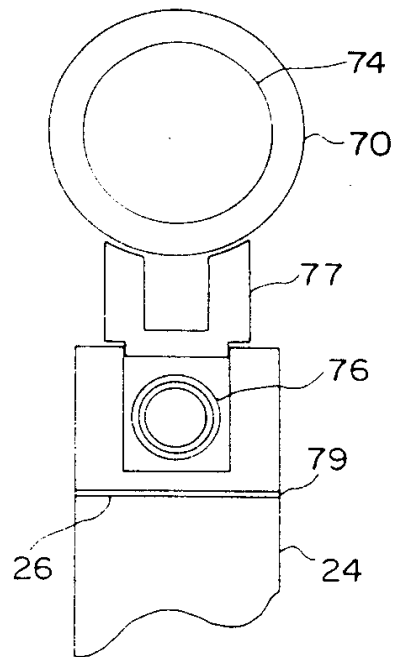


图 5

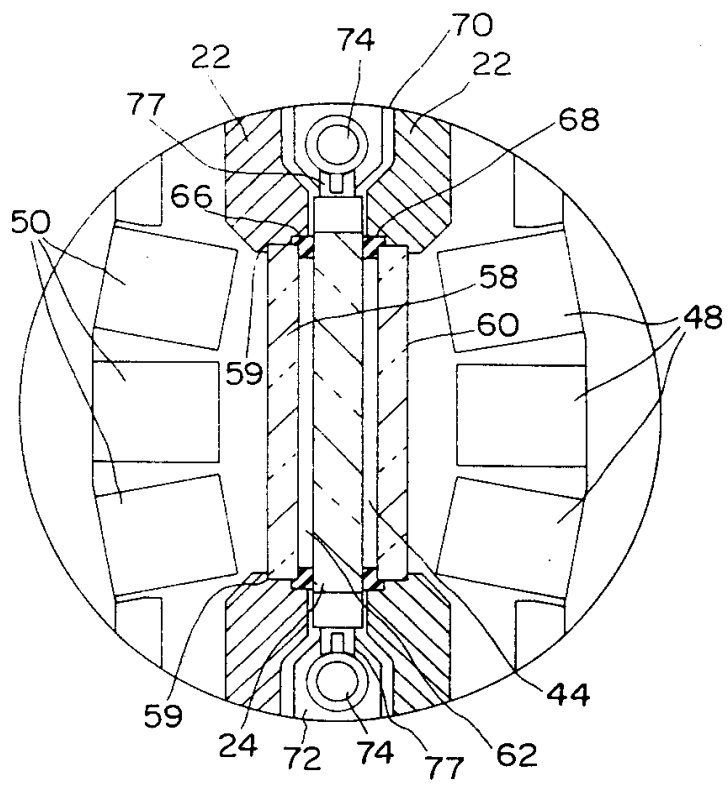


图 6

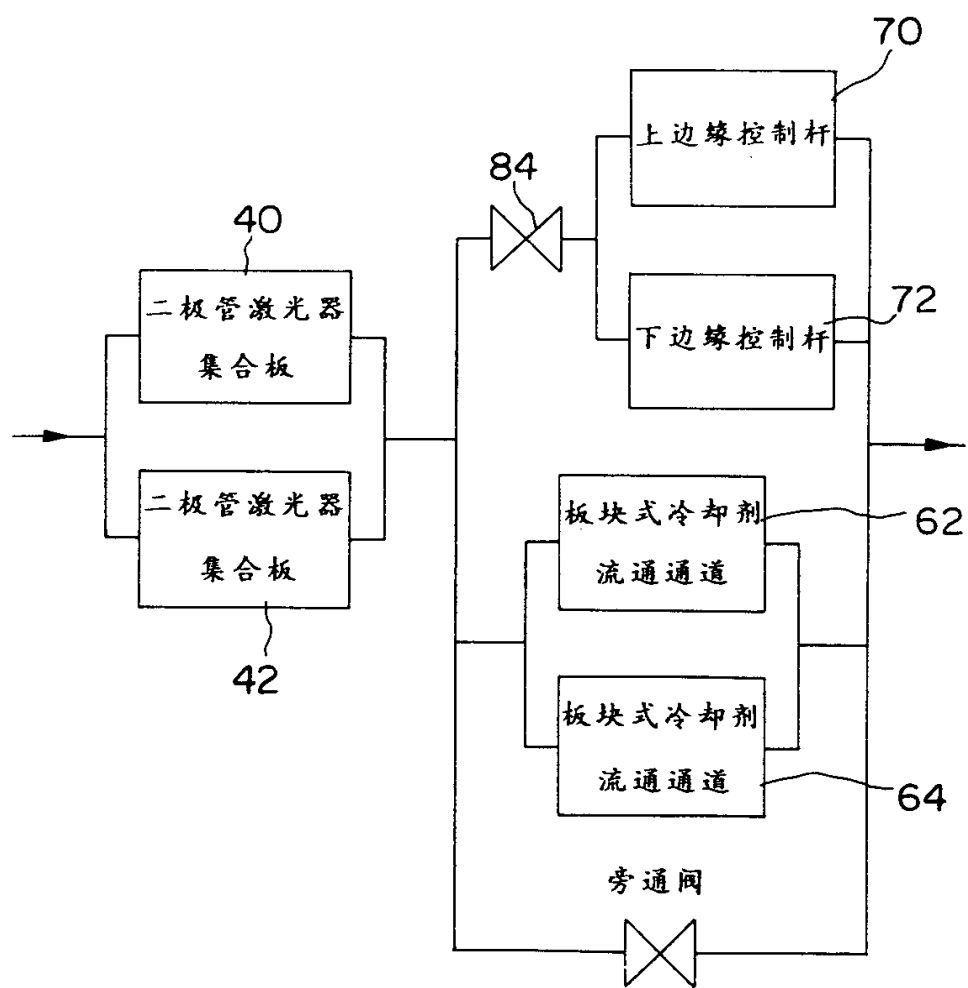


图 7