



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105281198 A

(43) 申请公布日 2016.01.27

(21) 申请号 201410239521.2

(22) 申请日 2014.05.30

(71) 申请人 中国科学院理化技术研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村东路 29 号

(72) 发明人 杨晶 许祖彦 闫彪 彭钦军
许家林 高伟男 王伟伟

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 李迪

(51) Int. Cl.

H01S 5/024(2006.01)



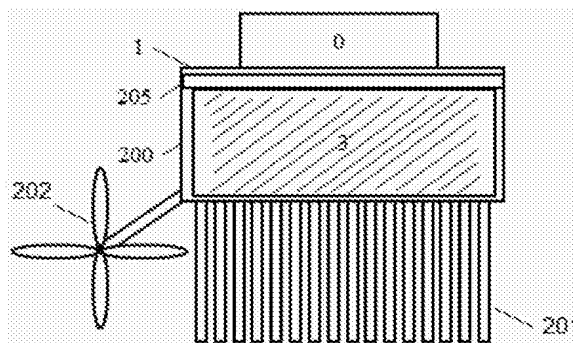
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种半导体激光器的热管理装置

(57) 摘要

本发明涉及一种半导体激光器的热管理装置,包括充有低熔点金属(3)的对流换热模块(2),半导体激光器(0)与对流换热模块(2)之间通过膨胀匹配导热层(1)实现热传递,对流换热模块(2)吸收热量后温度升高,通过高热导率金属外壳(200)和低熔点金属(3)进行散热。基于上述结构,避免了采用微通道水冷时,在水循环运行中长期运转导致的器件老化、腐蚀;同时解决了需要对水质与管道进行严格的控制和定期更换水的问题,并且大幅度提高了冷却效率,降低了装置体积和系统噪声,提高了装置可靠性与稳定性。可应用于半导体激光器,特别是高平均功率半导体激光阵列的热管理领域。



1. 一种半导体激光器的热管理装置,其特征在于,包括一面与半导体激光器(0)相连接的膨胀匹配导热层(1),膨胀匹配导热层(1)的另一面与对流换热模块(2)连接;

对流换热模块(2)中有熔点范围从 $-10^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 的低熔点金属(3);

对流换热模块(2)包括热导率 $>100\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 的高热导率金属外壳(200)。

2. 根据权利要求1所述的半导体激光器的热管理装置,其特征在于,对流换热模块(2)通过管道(4)与外部散热模块(5)连接;

所述对流换热模块(2)、管道(4)、外部散热模块(5)中有熔点范围从 $-10^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 的低熔点金属(3);

所述对流换热模块(2)、管道(4)、外部散热模块(5)形成流通的闭合回路;

对流换热模块(2)、管道(4)、外部散热模块(5)中的液态金属(3)由驱动泵(6)进行驱动,驱动泵(6)是机械泵,或者电磁泵,或者离心泵,或者上述几种泵的任意组合。

3. 根据权利要求1所述的半导体激光器的热管理装置,其特征在于,对流换热模块(2)连接有散热翅片(201),或连接有风冷模块(202),或连接有辅助电制冷/制热器(203),或连接有对流换热的热沉(204),或连接有散热翅片(201)、风冷模块(202)、辅助电制冷/制热器(203)、热沉(204)的任意组合;

所述对流换热的热沉(204)的几何结构通过焊接层/导热胶涂层(205)与膨胀匹配导热层(1)紧密连接。

所述金属外壳(200)的成分为金、银、铜、铝。

4. 根据权利要求3所述的半导体激光器的热管理装置,其特征在于,所述对流换热的热沉(204)的几何结构为密封腔,或者单路或多路通道,或者微通道结构;

所述对流换热的热沉(204)的几何结构中充有低熔点金属(3),对流换热方式包括自然对流、强制对流。

5. 根据权利要求2所述的半导体激光器的热管理装置,其特征在于,对流换热模块(2)与外部散热模块(5)中的液态金属换热器(500)通过管道(4)进行联通,管道(4)是由塑料做成的柔性管道,或者铝、铜或银或玻璃制成的硬连接管道。

6. 根据权利要求2所述的半导体激光器的热管理装置,其特征在于,外部散热模块(5)包括液态金属换热器(501);

其中液态金属换热器(501)组成包括:板式换热器、或管式换热器、或翅片换热器。

7. 根据权利要求6所述的半导体激光器的热管理装置,其特征在于,液态金属换热器(501)连接环境换热部件(503),或者制冷/制热单元(502),或者同时连接环境换热部件(503)与制冷/制热单元(502);

其中环境换热部件(503)组成包括:传导热沉、或辐射换热片、或板式换热器、或管式换热器、或翅片换热器、或风冷或水冷换热器或上述单元的任意组合;

制冷/制热单元(502)包括:风冷模块、或水冷散热器、或借助冷媒的制冷/制热单元、或上述单元的任意组合。

8. 根据权利要求2所述的半导体激光器的热管理装置,其特征在于,所述外部散热模块(5)包括温度传感器(504)、恒温箱(505)、反馈控制电路(506),通过控制换热速率,保持液态金属回到对流换热模块(2)处的温度恒定。

9. 根据权利要求1至8中任意一项所述的半导体激光器的热管理装置,其特征在于,所

述低熔点金属 (3) 的初始状态为液态, 固态, 或固液混合态; 其成分是低熔点金属单质, 或多种金属的混合物;

通过低熔点金属的相变过程实现相变换热。

10. 根据权利要求 1 至 8 中任意一项所述的半导体激光器的热管理装置, 其特征在于, 所述膨胀匹配导热层 (1) 是由金刚石, 或金属氧化物, 或金属氮化物, 或非金属及其化合物组成的片状或板条状或薄膜结构的导热绝缘体。

一种半导体激光器的热管理装置

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体激光器的热管理技术领域,尤其涉及一种高热流密度的半导体激光器的热管理装置。

背景技术

[0002] 目前半导体激光器的冷却方法大致可分为辐射换热、传导换热和对流换热三大类。辐射换热主要针对热流密度较低的应用;传导换热则主要通过热沉、热电致冷器(TEC)等方式实现,热流密度相对辐射换热稍高;对流换热则主要利用气体、液体等流体,如利用风扇受迫对流空气即风冷为代表的中等热流密度散热技术和以通道水冷为代表的高热流密度散热技术。

[0003] 采用相变换热方式来排走热量的研究也已经广泛开展。与单相传热或导热相比,采用相变传热方法所需工质少,具有热传输量大,传热效率高等特点,因此可减少重量和体积。其代表为热管技术,它以相变(蒸发与凝结)换热作为传热的主要方式,具有温度控制能力强、可解决高热流密度散热等特点,在计算机元器件散热方面的应用已引起重视。

[0004] 当前半导体激光技术发展中的一个显著趋势是平均功率的不断提升,随之而来的一个重要问题是如何对半导体激光(LD)系统进行有效的热管理,即是将LD产生的高热量迅速地散走。寻找具有高效热输运效能的散热方法多年来一直是人们追求的目标。

[0005] 由于半导体光体积一般较小,加之目前多采用阵列结构,器件结构紧凑性要求仅允许保留有限的冷却空间,因此对于高功率LD而言,较之辐射换热,传导加对流的换热方式更具有优势。而对流换热中的微通道热沉冷却方案更是常用方案。作为主流技术微通道水冷方案,自身特点带来的一些限制。首先,以水作为工质热导率较低(仅为 $0.6\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$),限制了其在微通道中的换热系数;第二,在水循环运行中长期运转会导致器件老化、腐蚀,从而导致对于水质及流动管道的要求较高,加之部分微通道水冷结构对水的电导率存在严格限制,因此,需要对水的电导率进行严格的控制且需经常更换;第三,由于水的热导率不高,导致冷却效率受到限制,单位时间内需要用较大的流量以将热量导出,结构复杂不利于装置小型化;第四,利用水冷方式仅能通过机械泵进行驱动,装置运行的噪声较大,为保证系统可靠性,必须采用分体式设计,因此在对装置体积有限制的应用场合面临困难。

[0006] 而热管作为相变传热的冷却方式,尽管可达到相对单相流体更高的热流转移通量,但其制作工艺如芯体材料的制备、工质封装、维护及可靠性等仍有待于提高。

[0007] 低熔点金属作为流动工质已经用于计算机芯片与半导体发光二极管(LED)芯片散热,最近几年来已被用于核反应堆和加速器的热管理之中。要将该技术运用到半导体激光器的热管理中,必须解决微通道冷却与半导体激光器热接口的问题。由于液态金属导电性好,直接用于激光器叠阵或面阵整体的微通道冷却,很容易导致器件的短路;而通过分布式冷却又受到面积限制难以解决高功率阵列结构的散热困难,所以到目前虽然本领域技术人员一直努力却未能实现直接用于半导体激光器及其阵列结构的热管理装置。

发明内容

[0008] (一) 要解决的技术问题

[0009] 本发明要解决的技术问题就是如何提供一种半导体激光器的热管理装置,避免采用微通道水冷时,在水循环运行中长期运转导致器件老化、腐蚀,从而对流动管道与水质和电导率等的要求较高,且需经常更换流动工质,解决冷却效率不高、噪声大,并且结构复杂不利于装置小型化的问题。

[0010] (二) 技术方案

[0011] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种半导体激光器的热管理装置,其特征在于,包括一面与半导体激光器相连接的膨胀匹配导热层,膨胀匹配导热层的另一面与对流换热模块连接;

[0012] 对流换热模块中有熔点范围从 -10°C ~ 60°C 的低熔点金属;

[0013] 对流换热模块包括热导率 $>100\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 的高热导率金属外壳。

[0014] 优选地,对流换热模块通过管道与外部散热模块连接;

[0015] 所述对流换热模块、管道、外部散热模块中有熔点范围从 -10°C ~ 60°C 的低熔点金属;

[0016] 所述对流换热模块、管道、外部散热模块形成流通的闭合回路;

[0017] 对流换热模块、管道、外部散热模块中的液态金属由驱动泵进行驱动,驱动泵是机械泵,或者电磁泵,或者离心泵,或者上述几种泵的任意组合。

[0018] 优选地,对流换热模块连接有散热翅片,或连接有风冷模块,或连接有辅助电制冷/制热器,或连接有对流换热的热沉,或连接有散热翅片、风冷模块、辅助电制冷/制热器、热沉的任意组合;

[0019] 所述对流换热的热沉的几何结构通过焊接层/导热胶涂层与膨胀匹配导热层紧密连接。

[0020] 所述金属外壳的成分为金、银、铜、铝。

[0021] 优选地,所述对流换热的热沉的几何结构为密封腔,或者单路或多路通道,或者微通道结构;

[0022] 所述对流换热的热沉的几何结构中充有低熔点金属,对流换热方式包括自然对流、强制对流。

[0023] 优选地,对流换热模块与外部散热模块中的液态金属换热器通过管道进行联通,管道是由塑料做成的柔性管道,或者铝、铜或银或玻璃制成的硬连接管道。

[0024] 优选地,外部散热模块包括液态金属换热器;

[0025] 其中液态金属换热器组成包括:板式换热器、或管式换热器、或翅片换热器。

[0026] 优选地,液态金属换热器连接环境换热部件,或者制冷/制热单元,或者同时连接环境换热部件与制冷/制热单元;

[0027] 其中环境换热部件组成包括:传导热沉、或辐射换热片、或板式换热器、或管式换热器、或翅片换热器、或风冷或水冷换热器或上述单元的任意组合;

[0028] 制冷/制热单元包括:风冷模块、或水冷散热器、或借助冷媒的制冷/制热单元、或上述单元的任意组合。

[0029] 优选地,所述外部散热模块包括温度传感器、恒温箱、反馈控制电路,通过控制换

热速率,保持液态金属回到对流换热模块处的温度恒定。

[0030] 优选地,所述低熔点金属的初始状态为液态,固态,或固液混合态;其成分是低熔点金属单质,或多种金属的混合物;

[0031] 通过低熔点金属的相变过程实现相变换热。

[0032] 优选地,所述膨胀匹配导热层是由金刚石,或金属氧化物,或金属氮化物,或非金属及其化合物组成的片状或板条状或薄膜结构的导热绝缘体。

[0033] (三)有益效果

[0034] 本发明的一种半导体激光器的热管理装置,包括流通有低熔点金属的对流换热模块,半导体激光器与对流换热模块之间通过膨胀匹配导热层实现热量传递,对流换热模块吸收热量后温度升高,通过高热导率金属外壳和低熔点金属进行散热。通过采用以上结构,避免了采用微通道水冷时,在水循环运行中长期运转导致的器件老化、腐蚀,解决了微通道水冷对流动管道的要求较高;膨胀匹配导热层还采用绝缘结构,无须控制液体热导率,从而对水质进行严格的控制的问题,并且由于低熔点金属热导率远大于水,大幅度提高了冷却效率,且可采用电磁泵驱动,无机械部件,从而可大幅降低噪声,增强了装置的可靠性与稳定性。

附图说明

[0035] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0036] 图1:本发明提供的包括外部散热模块的一种半导体激光器的热管理装置;

[0037] 图2:本发明提供的包括散热翅片与风冷模块的一种半导体激光器的热管理装置;

[0038] 图3:本发明提供的包括辅助电制冷/制热器的一种半导体激光器的热管理装置;

[0039] 图中:0、半导体激光器;1、膨胀匹配导热层;2、对流换热模块;200、高热导率金属外壳;201、散热翅片;202、风冷模块;203、辅助电制冷/制热器;204、热沉;205、焊接层/导热胶涂层;3、低熔点金属;4、管道;5、外部散热模块;501、液态金属换热器;502、制冷/制热单元;503、环境换热部件;504、温度传感器;505、恒温箱;506、反馈控制电路;6、驱动泵。

具体实施方式

[0040] 下面结合附图和实施例对本发明的实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不能用来限制本发明的范围。

[0041] 实施例1,如图1所示,本实施例提供的一种半导体激光器的热管理装置,包括一面与半导体激光器0相连接的膨胀匹配导热层1,膨胀匹配导热层1的另一面与对流换热模块2连接;对流换热模块2包括高热导率金属外壳200。对流换热模块2通过管道4与外部散热模块5连接;所述对流换热模块2、管道4、外部散热模块5中流通有低熔点金属3;所述对流换热模块2、管道4、外部散热模块5形成流通的闭合回路。

[0042] 半导体激光器 0 产生的热量经膨胀匹配导热层 1 传导到对流换热模块 2 中,由于 LD 采用高功率二极管阵列组成面泵结构,热流密度较高(约 $100\text{W}/\text{cm}^2$),因此采用大流量的对流散热模块 2 与高效的外部循环散热模块 5 将热量导出到装置外部。

[0043] 底部的膨胀匹配导热层 1 由导热金属铜片和导热绝缘硅片组成;对流换热模块 2 包括由高热导率的无氧铜制成的高热导率金属外壳 200,通过金锡焊料的焊接层与膨胀匹配导热层 1 紧密连接。

[0044] 高热导率金属外壳 200 由紫铜组成;包括微通道结构的无氧铜热沉(204),微通道结构中充有低熔点金属 3,所述低熔点金属 3 为镓、铟、锡三种金属组成的合金,质量百分比为:62.8% Ga, 21.3% In, 与 15.9% Sn,合金的熔点约为 11°C 。连接对流换热模块 2 与外部散热模块 5 的管道 4 是由塑料做成的柔性管道,本实施例采用电磁泵作为驱动泵 6 驱动外部散热模块 5,装置中无任何机械转动部件、因而无磨损、低噪声;为实现 0.1 度的温控精度要求,半导体激光器产生的热量经过对流换热模块 2、管道 4,直接传输到液态金属散热器 501 中,本实施例中为板式换热器结构,在其中与借助冷媒(型号 R410a)进行热量交换,热量经冷媒导出到制冷/制热元件 502,最终热量由环境换热部件 503 导至外部环境中。

[0045] 本实施例中,在管道 4 中,设置恒温箱 505,恒温箱 505 中放有温度传感器 504,将温度信号实时传输至反馈控制电路 506,再由反馈控制电路 506 控制电磁泵 6 的流速以及制冷/制热元件 502 的制冷功率;以保证恒温箱 505 中液态金属温度的稳定。

[0046] 其中本实施例中制冷/制热元件 502 为压缩制冷机,与现有激光水冷机中相关部件结构相同,包括蒸发器、压缩机、冷凝器,以及管道中的高压控制器、膨胀阀等元件。

[0047] 实施例 2,如图 2 所示,本实施例提供的一种半导体激光器的热管理装置,包括一面与半导体激光器 0 相连接的膨胀匹配导热层 1,膨胀匹配导热层 1 的另一面与对流换热模块 2 连接;

[0048] 对流换热模块 2 中流通有低熔点金属 3;

[0049] 对流换热模块 2 包括高热导率金属外壳 200。

[0050] 本实施例中,膨胀匹配导热层 1 为金刚石导热薄膜,金刚石导热薄膜与半导体激光器 0 之间通过焊接层连接,半导体激光器 0 产生的热量经金刚石导热薄膜和焊接层传导到对流换热模块 2 中,由于 LD 为高功率单 bar 结构,由于热流密度较高(约 $100\text{W}/\text{cm}^2$),因此低熔点金属 3 采用镓组成,镓的熔点为 29.8°C 。液态金属镓作为热的良导体,迅速将热量传导至对流散热模块 2 的无氧铜外壳,及其外部的无氧铜的散热翅片 201 处,高热导率金属外壳 200 顶部通过焊接层,与金刚石导热薄膜相连接。由于总热量不高,本实施例采用风扇作为风冷模块 202,利用流动的空气,带走经高热导率金属外壳 200 和散热翅片 201 带出来的热量。

[0051] 实施例 3,如图 3 所示,本实施例提供的一种半导体激光器的热管理装置,包括一面与半导体激光器 0 相连接的膨胀匹配导热层 1,膨胀匹配导热层 1 的另一面与对流换热模块 2 连接;

[0052] 对流换热模块 2 中流通有低熔点金属 3;

[0053] 对流换热模块 2 包括高热导率金属外壳 200。

[0054] 本实施例中半导体激光器 0 采用间歇运转,低熔点金属 3 为镓,热量经膨胀匹配导热层 1 传导到高热导率金属外壳 200 之后,金属外壳 200 吸收的热被低熔点金属镓吸收,同

时其由固态转变为固液混合态。大量的热转换为相变所需的潜热,同时维持系统的温度恒定。并且高热导率金属外壳 200 与外界通过辅助电制冷 / 制热器连接,本实施例中的辅助电制冷 / 制热器 203 为基于帕尔贴效应的热电制冷器 TEC,在出光的间歇期通过 TEC 将热量由高热导率金属外壳 200 内部导到装置之外。实现系统的复位。高热导率金属外壳 200 除了与 LD 接触的一个面,其余各面均采用 TEC 将热量导出,极大地扩展了散热面积,同时保持了系统的小体积。本实施例通过相变潜热储存吸收的热,从而进一步提升装置的紧凑性。

[0055] 以上实施例由于采用工作物质的是低熔点的液态金属,无须像水冷方案那样经常更换水和滤芯,以防堵塞通道,通过管道及换热器内壁选择合适的材料,因此可以基本做到免维护。散热能力强,使用的液态金属热导率高,粘度低,换热效率高,因而可降低单位时间流量,从而有利于在相同制冷功率下装置的小型化。

[0056] 以上实施方式仅用于说明本发明,而非对本发明的限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行各种组合、修改或者等同替换,都不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

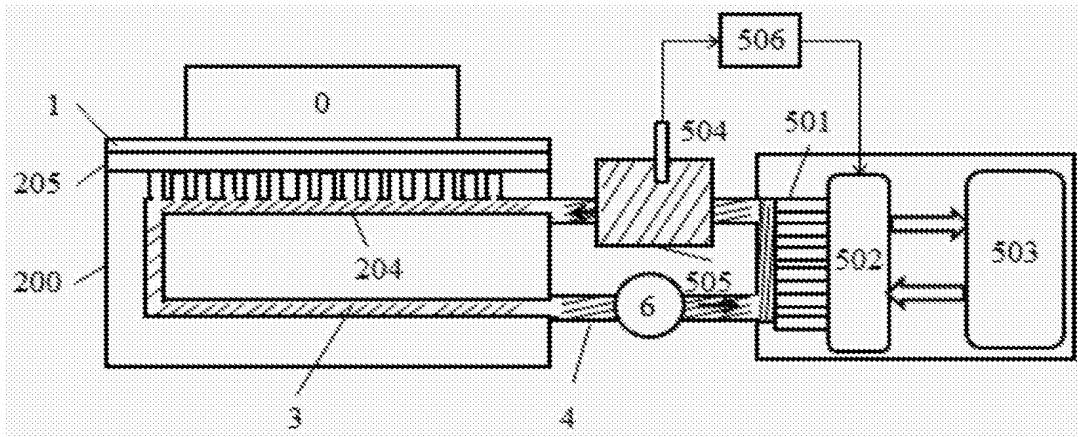


图 1

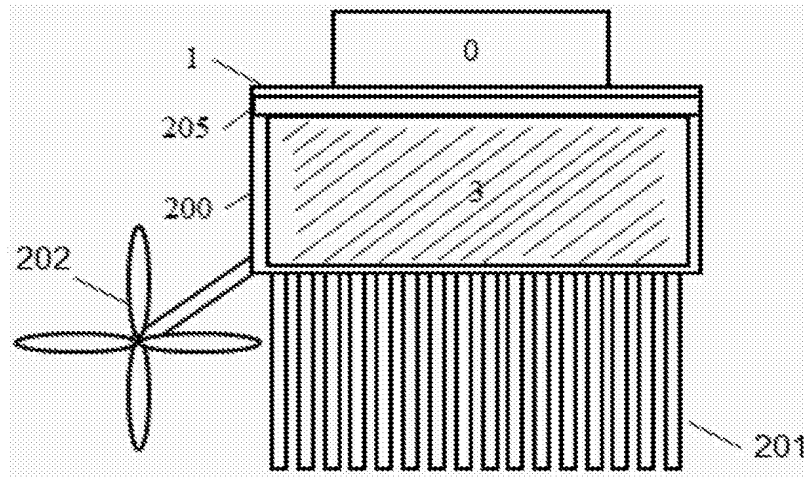


图 2

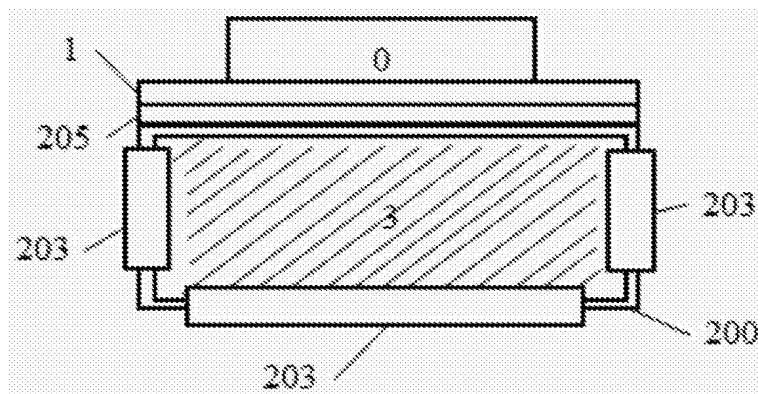


图 3