



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105470810 B

(45)授权公告日 2019.01.08

(21)申请号 201510941464.7

(22)申请日 2015.12.15

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105470810 A

(43)申请公布日 2016.04.06

(73)专利权人 西安炬光科技股份有限公司
地址 710077 陕西省西安市高新区丈八六
路56号陕西省高功率半导体激光器产
业园

(72)发明人 刘兴胜 蔡万绍 陶春华 邢卓
梁雪杰

(74)专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限
公司 61211
代理人 胡乐

(51)Int.Cl.

H01S 5/024(2006.01)

(56)对比文件

CN 205265036 U,2016.05.25,权利要求1-
9.

CN 103746287 A,2014.04.23,说明书第
0011-0033段,权利要求7,附图1-4.

US 7660335 B2,2010.02.09,

审查员 蒋呈阅

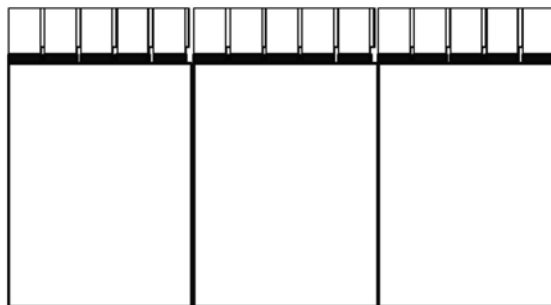
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种宏通道液冷高功率半导体激光器模块
和装置

(57)摘要

本发明提出一种宏通道液冷高功率半导体
激光器模块及其多模块组合形成的装置,采用独
特的热沉设计与芯片组结合,结构性好,散热效
率高。该宏通道液冷高功率半导体激光器模块包
括热沉和芯片组,芯片组的各个激光器芯片键合
在相应的导热导电的衬底上,各个激光器芯片及
其衬底依次堆叠并形成电连接,衬底经绝缘层安
装在同一热沉上;沿激光器芯片及其衬底的堆叠
方向,在垂直于芯片组安装面的热沉侧面贯通开
设有相互平行的入水口和出水口,热沉内部设置
有宏通道的液冷回路。多个模块能够很方便地机
械组装、维护,实现功率的弹性扩展。且每个模块
自成功能单元,可以真正在工作状态下单独进行
测试、老化、筛选,以实现最终产品的优化性能。



1. 一种宏通道液冷高功率半导体激光器模块,包括热沉和芯片组;其特征在于:芯片组的各个激光器芯片键合在相应的导热导电的衬底上,各个激光器芯片及其衬底依次堆叠并形成电连接,衬底经绝缘层安装在同一热沉上;沿激光器芯片及其衬底的堆叠方向,在垂直于芯片组安装面的热沉侧面贯通开设有相互平行的入水口和出水口,热沉内部设置有宏通道的液冷回路;所述热沉内部具有多层分隔的循环水路;循环水路分别自所述入水口起,绕经热沉在芯片组与入水口之间的区域再回流到出水口。

2. 根据权利要求1所述的宏通道液冷高功率半导体激光器模块,其特征在于:所述绝缘层分为多个导热绝缘块,分别与各个激光器芯片及其衬底一一对应;

或者,所述绝缘层为一个整体导热绝缘块,所有衬底均键合于该绝缘块上;

或者,所述绝缘层是在热沉的芯片组安装面上镀的绝缘膜,衬底键合于绝缘膜上。

3. 根据权利要求1所述的宏通道液冷高功率半导体激光器模块,其特征在于:所述入水口位于芯片组的近端,出水口位于芯片组的远端。

4. 根据权利要求1所述的宏通道液冷高功率半导体激光器模块,其特征在于:

所述热沉由多个独立的通水板沿入水口、出水口贯通方向层叠组成,在每个通水板的内部均设置有与所述入水口、出水口连通的循环水路;

或者,所述热沉为一体件,在内部开设多层相互隔离的循环水路,循环水路所在平面与入水口、出水口贯通方向垂直。

5. 根据权利要求1所述的宏通道液冷高功率半导体激光器模块,其特征在于:相邻两层循环水路在入水口、出水口处的通水接口对称设置,使相邻两层循环水路的流向相反。

6. 根据权利要求1所述的宏通道液冷高功率半导体激光器模块,其特征在于:每个激光器芯片对应一个衬底;

或者,每个激光器芯片夹于一对衬底之间,相邻激光器芯片对应的两个衬底直接接触或再间隔一个单独的衬底。

7. 根据权利要求1所述的宏通道液冷高功率半导体激光器模块,其特征在于:所述衬底的材质为金刚石-铜合金,激光器芯片与衬底通过硬焊料键合,所述硬焊料为金锡或金锗;所述导热绝缘块的材质为金刚石或陶瓷,所述绝缘层的材料为氮化铝或金刚石。

8. 一种宏通道液冷高功率半导体激光器装置,其特征在于:采用若干个权利要求1所述的宏通道液冷高功率半导体激光器模块沿入水口、出水口贯通方向依次对准组装,使得所有宏通道液冷高功率半导体激光器模块的热沉形成统一的入水口、出水口;相邻宏通道液冷高功率半导体激光器模块的入水口、出水口位置安装有密封圈。

9. 根据权利要求8所述的宏通道液冷高功率半导体激光器装置,其特征在于:每个宏通道液冷高功率半导体激光器模块的激光器芯片数量为1~10个。

一种宏通道液冷高功率半导体激光器模块和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高功率半导体激光器封装结构。

背景技术

[0002] 高功率半导体激光器的散热设计是封装的核心内容之一。目前的高功率半导体激光器通常由以下几种方式封装：

[0003] a) 如图1、图2所示，激光器巴条直接键合到热沉上，热沉采用一种基于微通道的结构热沉。这种封装结构通过热沉的叠加可以实现较大功率的输出，但该方式封装的有如下缺点：首先，微通道容易因为水通道狭窄，容易造成堵塞；第二，热沉本身带电，所以必须采用去离子水进行冷却，且对于离子浓度有很高的要求；第三，微通道内的高速水流，会造成通道的侵蚀，导致产品失效；第四，微通道热沉的整体强度与刚度缺乏，容易在组装和制造过程中发生折弯、变形，从而影响封装的质量。

[0004] 这种封装因为巴条与热沉材料的CTE不匹配，通常只能选择软焊料封装以降低因为热应力造成的巴条内部微损伤甚至撕裂，制约了激光器可靠性的提升。这种封装形式的激光器巴条也可以先键合在CTE匹配的导电衬底（通常是铜钨）上，再封装到热沉上。这样的优点是可以使用硬焊料进行封装，但是却增加了散热路径，降低了散热能力。

[0005] 另外，还存在一种宏通道的热沉用于巴条的封装，类似图1所示结构，通过贯通的入水口、出水口起到散热的作用。其优点是通道较大，不易产生通道堵塞，液体的流速也会相对较低，可以减少通道的侵蚀。但是，这也造成了宏通道封装器件的散热能力较差、且存在通道内温度不均匀的问题，热沉也是带电的。所以这种封装只适用于在功率较低的应用场合。

[0006] b) 相关专利文献例如：US5105429、US5311530、US6480514、US6865200、US7016383，US7944955B2、US7660335B2等。常见的一种封装形式是：激光器巴条键合到CTE匹配的衬底形成一个发光单元，多个发光单元并列组合，封装到绝缘块上，再封装到通常为宏通道的热沉上。这样的封装形式，因为热沉与激光器发光组件整体绝缘，为后续的应用提供了方便，同时可以使用硬焊料封装，实现非去离子水（DIW）制冷。因为衬底与绝缘块的存在，该封装的主要缺点是巴条的散热路径比较长，难以适应高功率高占空比的场合。配合使用的宏通道热沉可以通过水制冷或者其他方式制冷。基于这种热沉结构的每个产品，很难进行组装拼接以实现巴条数目的扩展。当需要更多bar条时，只能做不同尺寸的底部热沉进行匹配适应。

发明内容

[0007] 本发明提出一种宏通道液冷高功率半导体激光器模块，采用独特的热沉设计与芯片组结合，结构性好，散热效率高。

[0008] 本发明的技术方案如下：

[0009] 一种宏通道液冷高功率半导体激光器模块，包括热沉和芯片组；芯片组的各个激

光器芯片键合在相应的导热导电的衬底上,各个激光器芯片及其衬底依次堆叠并形成电连接,衬底经绝缘层安装在同一热沉上;沿激光器芯片及其衬底的堆叠方向,在垂直于芯片组安装面的热沉侧面贯通开设有相互平行的入水口和出水口,热沉内部设置有宏通道的液冷回路。

[0010] 在以上方案的基础上,本发明还进一步作了如下优化:

[0011] 上述绝缘层有以下三种具体的结构形式:

[0012] 1、绝缘层分为多个导热绝缘块,分别与各个激光器芯片及其衬底一一对应;

[0013] 2、绝缘层为一个整体导热绝缘块,所有衬底均键合于该绝缘块上;

[0014] 3、绝缘层是在热沉的芯片组安装面(可以是仅在芯片组的安装位置上镀,也可以是在热沉的芯片组安装面的整个表面)上镀的绝缘膜,衬底键合于绝缘膜上。

[0015] 上述入水口位于芯片组的近端,出水口位于芯片组的远端。

[0016] 上述热沉内部具有多层分隔的循环水路;循环水路分别自所述入水口起,绕经热沉在芯片组与入水口之间的区域再回流到出水口(即各层循环水路之间相互并联)。

[0017] 实现上述多层分隔的循环水路,优选以下两种具体结构:

[0018] 1、热沉由多个独立的通水板沿入水口、出水口贯通方向层叠组成,在每个通水板的内部均设置有与所述入水口、出水口连通的循环水路;

[0019] 2、热沉为一体件,在内部开设多层相互隔离的循环水路,循环水路所在平面与入水口、出水口贯通方向垂直。

[0020] 为进一步提高芯片组安装面的散热均匀性,相邻两层循环水路在入水口、出水口处的通水接口对称设置,使相邻两层循环水路的流向相反。

[0021] 对于激光器芯片-衬底的组装形式,一种是每个激光器芯片对应一个衬底;还有一种优化的结构设计:每个激光器芯片夹于一对衬底之间,相邻激光器芯片对应的两个衬底直接接触或再间隔一个单独的衬底。

[0022] 上述衬底的材质优选金刚石-铜合金,激光器芯片与衬底通过硬焊料键合,所述硬焊料为金锡或金锗,导热绝缘块的材质优选金刚石或陶瓷,绝缘膜的材料优选氮化铝或金刚石。

[0023] 本发明还提出一种宏通道液冷高功率半导体激光器装置,采用若干个上述宏通道液冷高功率半导体激光器模块沿入水口、出水口贯通方向依次对准组装,使得所有宏通道液冷高功率半导体激光器模块的热沉形成统一的入水口、出水口;相邻宏通道液冷高功率半导体激光器模块的入水口、出水口位置安装有密封圈。这样,多个激光器模块在组装的同时,实现模块之间的电和水路的串联联接。

[0024] 考虑到产品的可配置性、可靠性,建议每个宏通道液冷高功率半导体激光器模块的激光器芯片数量为1~10个。

[0025] 本发明具有以下优点:

[0026] 宏通道的热沉,水通道相对较大,降低了通道被侵蚀、堵塞的风险;采用独特的多层并联循环水路结构,显著提高了散热效果,并能够保证较好的结构性,刚性大,不易变形,适合后续组装。热沉与巴条组之间绝缘,可不使用去离子水冷却,水质要求降低。

[0027] 巴条组的结构,实现巴条P-N两个面的散热,提高了散热效率。使用硬焊料封装,适应于更苛刻的环境使用,提高了可靠性。

[0028] 多个模块能够很方便地机械组装、维护,实现功率的弹性扩展。且每个模块自成功能单元,可以真正在工作状态下单独进行测试、老化、筛选,以实现最终产品的优化性能。

[0029] 使用高导热率的材料作为衬底与绝缘块,衬底为铜金刚石,绝缘块为金刚石,实现与微通道产品同样的连续高功率输出。

附图说明

[0030] 图1、图2为传统方案的结构示意图;其中,图1(a)为主视图,图1(b)为侧视图;图中标号:1-散热器(金属片);2-激光器芯片;3-负极连接片;4-绝缘层;5-入水口;6-出水口。

[0031] 图3、图4为本发明的宏通道液冷高功率半导体激光器模块的结构示意图,其中图3为主视图;图4为侧视图。

[0032] 图5为本发明多个模块组装扩展的示意图。

[0033] 图6为本发明热沉的一种层叠结构(多层通水板)示意图。

[0034] 图7为本发明热沉的另一种层叠结构(一体件)示意图。

[0035] 图8为相邻两层通水板的循环水路示意图。

[0036] 图9为贯通的入水口和出水口的安装位置示意图。

[0037] 图10为本发明的另一种激光器芯片-衬底组装形式的示意图(激光器芯片夹于一对衬底之间)。

[0038] 图11为在图10所示结构基础上再扩展一个衬底的示意图。

具体实施方式

[0039] 如图3、4所示,激光器芯片12组装在高热导率、CTE匹配的导电材料的衬底11上,该衬底材质为金刚石-铜的合金。安装有激光器芯片的衬底通过高热导率的绝缘块13,组装到热沉14上,组成一个激光器模块。热沉侧面贯通开设有相互平行的入水口和出水口,热沉内部设置有宏通道的液冷回路。使得多个激光器模块可以通过密封圈“无缝”联接,共享入水口15和出水口16,实现扩展,如图5所示。

[0040] 热沉具体由多层通水板层叠组成,相邻两层之间流向相反,以实现激光器安装面的散热均匀性。热沉的热沉对冷却水的冷却路径进行了规划,保证了散热的有效性、均匀性。热沉从侧边进水,入口交叉,相互均衡。需要说明的是,除了图8所示的循环水路结构,还可以调整通道的进出水口位置,水流的方向也可以是其他的组合。

[0041] 与传统的基于微通道热沉冷却的产品所区别的是:如图9,传统的微通道封装是将激光器芯片安装到31面上,而本方案是将激光器芯片安装到30面上。这是区别于传统微通道封装产品的主要标志之一。

[0042] 为达到较高的热导率、适合的热膨胀系数以及电导率,该金刚石-铜合金的最佳组分分配比为:体积分数为40%±10%的金刚石和对应比例的铜。

[0043] 巴条与衬底的键合采用硬焊料封装:金锡、金锆等。

[0044] 绝缘块使用高热导率材料:金刚石,热导率超过1000W/m.k。(CVD金刚石)

[0045] 每个激光器模块的巴条个数可以是1、2、3个等。建议的最大个数不大于10个,以提高产品的可配置性、可靠性。

[0046] 本发明组装宏通道液冷高功率半导体激光器装置的步骤如下:

[0047] 1) 将一个或者多个激光器芯片与衬底以及绝缘块依次组装到一起组成芯片组,各个芯片与衬底之间形成电联结。巴条使用硬焊料与金刚石铜衬底、金刚石绝缘块进行键合,形成多巴条组。

[0048] 2) 多巴条组与热沉进行组装,组成一个独立的激光器模块。

[0049] 3) 重复以上两个步骤,制成多个激光器模块。

[0050] 4) 对每个激光器模块的性能参数:波长、功率等,进行单独进行测试、老化、筛选。

[0051] 5) 满足要求的一个或多个模块可以按照一定的性能顺序或要求,通过密封圈和机械夹具组装成所需的产品应用。

[0052] 其中,关于芯片-衬底组装,还可以如图10所示,将一个激光器芯片夹于两个衬底之间,该结构增大芯片间距,提高了散热效果,从而能够实现高占空比、高功率的工作模式。另外,还可增加扩展衬底110,如图11所示。

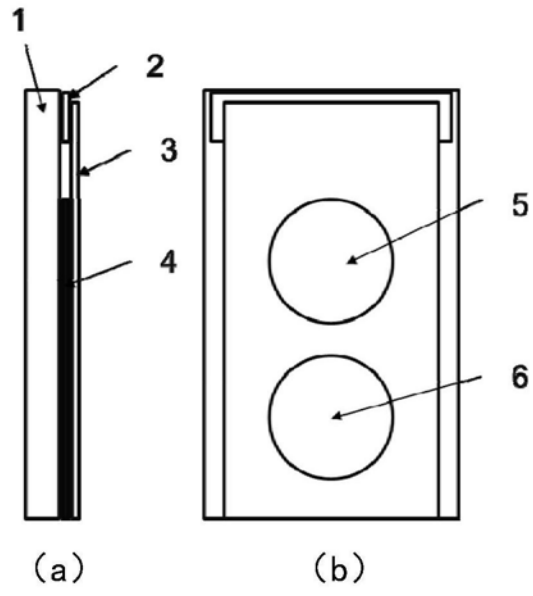


图1

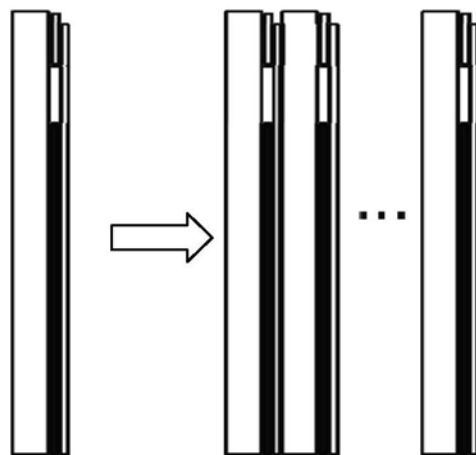


图2

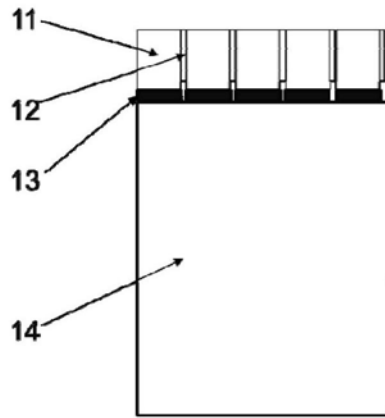


图3

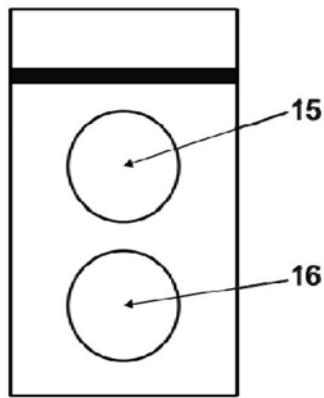


图4

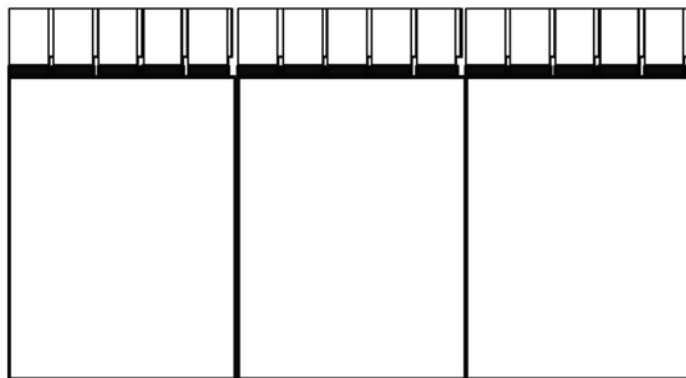


图5

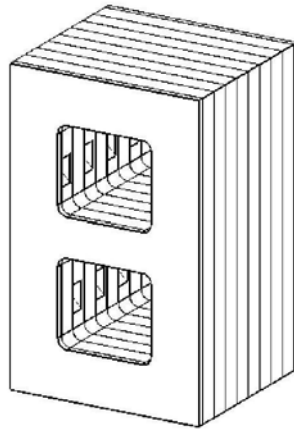


图6

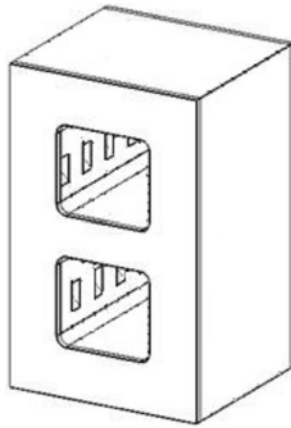


图7

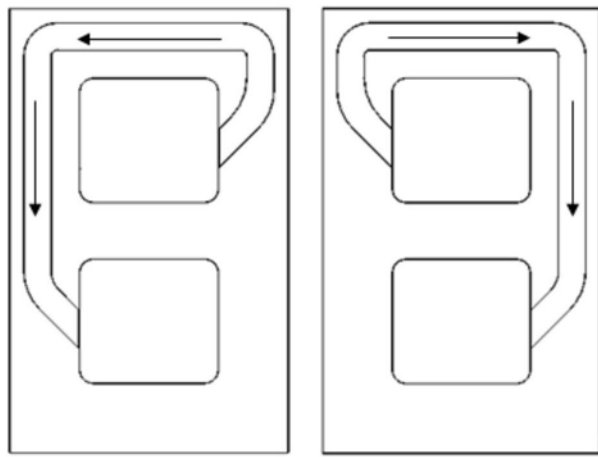


图8

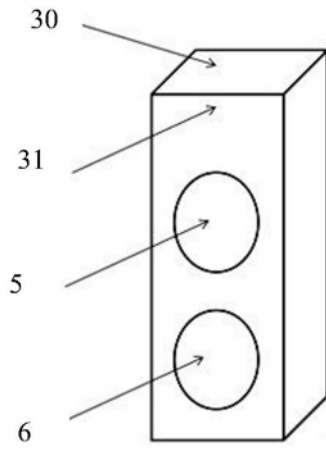


图9

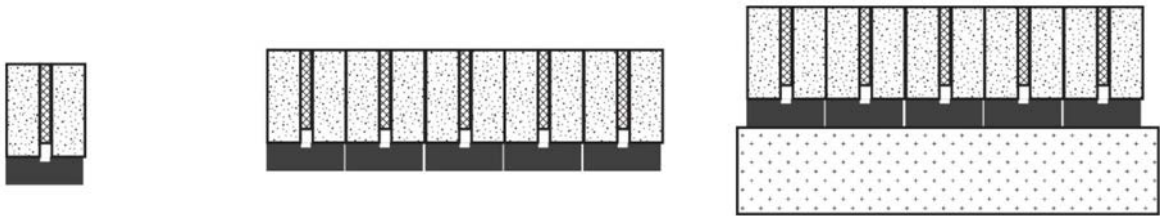


图10

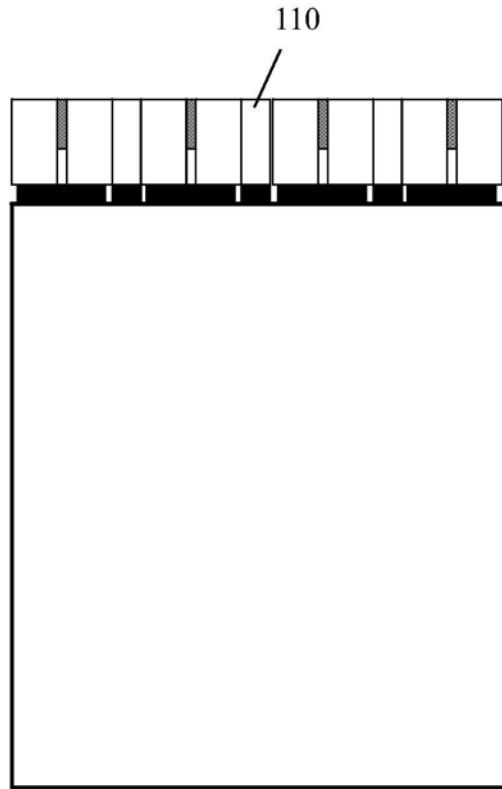


图11