



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107437720 B

(45)授权公告日 2019.05.17

(21)申请号 201710731846.6

H01S 3/091(2006.01)

(22)申请日 2017.08.23

H01S 3/04(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H01S 3/042(2006.01)

申请公布号 CN 107437720 A

H01S 3/16(2006.01)

H01S 3/17(2006.01)

(43)申请公布日 2017.12.05

H01S 3/23(2006.01)

(73)专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

(56)对比文件

CN 105261919 A,2016.01.20,全文.

地址 201800 上海市嘉定区清河路390号

US 6763050 B2,2004.07.13,全文.

(72)发明人 王江峰 陈亚林 范薇 黄庭瑞 郭江涛

CN 103730830 A,2014.04.16,全文.

审查员 胡涛

(74)专利代理机构 上海恒慧知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 31317

代理人 张宁展

(51)Int.Cl.

H01S 3/06(2006.01)

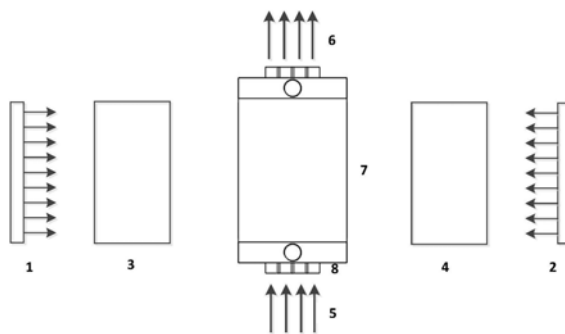
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种阵列式棒状激光放大器

(57)摘要

本发明公开一种阵列式棒状激光放大器,由泵浦源、耦合透镜组、组合式激光增益介质、机械结构四部分组成。本发明采用阵列式小口径棒状激光增益介质,避免了激光增益介质尺寸受限的问题,且棒的数量可根据能量需求调整,具有灵活性。激光增益介质棒水平方向侧面间胶合可吸收放大的自发辐射且热导率高于增益介质的材料,竖直方向侧面间为冷却液体流道,采用这种方式可提高热管理效果。通过合理设计增益介质的形状,可降低自发辐射及寄生振荡的影响。本发明具有系统结构紧凑、辅助循环系统简单、可靠性好、效率高的特点。



1. 一种阵列式棒状激光放大器,由泵浦源、耦合透镜组、激光增益介质、机械结构四部分组成,其特征在于,所述的泵浦源由两个平行且相对放置的激光二极管(1、2)构成,所述的耦合透镜组由两个平行且相对放置的耦合透镜(3、4)构成,所述的激光增益介质(8)安装在所述的机械结构(7)内,在与激光增益介质(8)侧面平行的机械结构(7)的两个相对侧面分别嵌有比入射泵浦光斑尺寸大的透光窗口(40、41),在该机械结构(7)上还分别设有进水孔(9)和出水孔(10);

所述的激光增益介质(8)是阵列式激光增益介质,由 $N*N$ 根激光增益介质棒构成,同一水平方向所述的激光增益介质棒的激活离子掺杂浓度从中间分别向两侧递减,同一列激光增益介质棒的激活离子掺杂浓度相同,单根激光增益介质棒的激活离子掺杂浓度均匀,所述的激光增益介质棒互相平行,且间距相等,水平方向各激光增益介质棒之间填充有对泵浦光传输无影响但可吸收激光增益介质放大的自发辐射(ASE)同时热导率高于激光增益介质的材料,各激光增益介质棒垂直方向之间的间隙以及激光增益介质棒与机械结构(7)之间的间隙构成冷却液体通道(39),该冷却液体通道(39)分别与所述的进水孔(9)和出水孔(10)连通;

两个所述的激光二极管(1、2)发出的泵浦光分别经过所述的耦合透镜组(3、4)整形匀化后从所述激光增益介质棒的侧面垂直入射,泵浦所述的激光增益介质(8),每束入射激光(5)分别从各个激光增益介质棒的端面入射。

2. 根据权利要求1所述的阵列式棒状激光放大器,其特征在于,所述激光增益介质棒的激活离子掺杂浓度根据能量等分的方法确定,每根激光增益介质棒吸收的泵浦光能量相同,从而确定每根棒的吸收系数,根据吸收系数确定相应的激活离子掺杂浓度,所述激光增益介质棒的数量根据需要的能量而定。

3. 根据权利要求1所述的阵列式棒状激光放大器,其特征在于,所述的激光增益介质棒为长方体形状,垂直于棒轴的中心截面为正方形,激光增益介质棒的两个端面为激光通光面,镀有入射激光波长增透膜,激光增益介质棒的垂直方向的两个侧面与可吸收激光增益介质ASE的材料胶合,位于最外侧的两个侧面镀有泵浦光波长增透膜。

4. 根据权利要求3所述的阵列式棒状激光放大器,其特征在于,所述的激光增益介质棒两端端面切有楔角,两端面与非胶合侧面垂直,与胶合侧面不垂直但所成角度相同,并关于棒中心截面对称,对抑制寄生振荡有一定的作用。

一种阵列式棒状激光放大器

技术领域

[0001] 本发明涉及高功率重复频率固体激光器技术领域,具体为一种阵列式棒状激光放大器。

背景技术

[0002] 高效重频固体激光技术是高功率激光驱动器的主要技术发展方向之一。但系统中严重的热效应限制了高功率激光驱动器重复频率的进一步提升。面对系统中的热效应问题,当前重频固体激光器的解决方案主要从以下几个方面出发:1、使用激光二极管(LD)泵浦替代氙灯泵浦,减小增益介质中的热源;2、采用新型增益介质,用导热率更高的晶体代替传统的玻璃;3、采用新型散热方式,增加散热能力,如片状放大器、板条放大器等。

[0003] 但以上所述的措施都存在问题,如新型增益介质晶体,生长尺寸受限,故不能做成大口径的增益介质,当前主流应用的Yb:YAG晶体,专利101338453采用提拉法生长的直径约为35~50mm,文献[Xu X,Zhao Z,Zhao G,et al.Comparison of Yb:YAG crystals grown by CZ and TGT method[J].Journal of Crystal growth,2003,57(3):297-300.]中报道了采用温度梯度法生长的晶体尺寸为 $\phi 75\text{mm}\times 45\text{mm}$,由此可见新型的激光晶体材料在高功率激光应用上的局限性。

[0004] 采用面冷方式的片状放大器,片式结构中横向ASE、寄生振荡严重,会导致增益分布不均匀、储能效率低等,为抑制ASE,文献[Banerjee S,Ertel K,Mason P D,et al.DiPOLE:a 10J,10Hz cryogenic gas cooled multi-slab nanosecond Yb:YAG laser.[J].Optics Express,2015,23(15):19542-51.]中报道了分别在Yb:YAG放大器片周围引入一圈 Cr^{4+} :YAG包边来吸收横向ASE,此法虽然有效果,但仍需优化。此外,片状放大器以多片式气冷为主,而多片式气冷结构还存在高速洁净气流的辅助循环系统结构复杂的问题。

[0005] 因此,选择合适的增益介质,研究新型高功率激光放大器的结构以及高效泵浦源,对系统进行有效的热管理,是提高高功率激光驱动器重复频率的关键所在。

发明内容

[0006] 本发明提供一种阵列式棒状激光放大器,阵列式激光增益介质各棒的激活离子浓度梯度掺杂,棒与棒垂直方向侧面间填充对泵浦光传输无影响但可吸收激光增益介质ASE且导热率高于激光增益介质的材料,激光增益介质棒垂直方向间通液体冷却,从而实现激光放大器重复频率运行,具有系统结构紧凑、热管理效果好、效率高的优点。

[0007] 本发明的技术解决方案如下:

[0008] 一种阵列式棒状激光放大器,由泵浦源、耦合透镜组、激光增益介质、机械结构四部分组成,其特点在于,所述的泵浦源由两个平行且相对放置的激光二极管构成,所述的耦合透镜组由两个平行且相对放置的耦合透镜构成,所述的激光增益介质安装在所述的机械结构内,在与激光增益介质侧面平行的机械结构的两个相对侧面分别嵌有比入射泵浦光斑尺寸大的透光窗口,在该机械结构上还分别设有进水孔和出水孔。

[0009] 所述的激光增益介质是阵列式激光增益介质,由 $N*N$ 根激光增益介质棒构成,同一水平方向所述的激光增益介质棒的激活离子掺杂浓度从中间分别向两侧递减,同一列激光增益介质棒的激活离子掺杂浓度相同,单根激光增益介质棒的激活离子掺杂浓度均匀,所述的激光增益介质棒互相平行,且间距相等,水平方向各激光增益介质棒之间填充有对泵浦光传输无影响但可吸收激光增益介质放大的自发辐射(ASE)同时热导率高于激光增益介质的材料,各激光增益介质棒垂直方向之间的间隙以及激光增益介质棒与机械结构之间的间隙构成冷却液体通道,该冷却液体通道分别与所述的进水孔和出水孔连通;

[0010] 两个所述的激光二极管发出的泵浦光分别经过所述的耦合透镜组整形匀化后从所述激光增益介质棒的侧面垂直入射,泵浦所述的激光增益介质,每束入射激光分别从各个激光增益介质棒的端面入射。

[0011] 所述激光增益介质棒的激活离子掺杂浓度根据能量等分的方法确定,每根激光增益介质棒吸收的泵浦光能量相同,从而确定每根棒的吸收系数,根据吸收系数确定相应的激活离子掺杂浓度,所述激光增益介质棒的数量根据需要的能量而定。

[0012] 所述的冷却液体通道宽度相同。

[0013] 所述的激光增益介质棒为长方体形状,垂直于棒轴的中心截面为正方形,激光增益介质棒的两个端面为激光通光面,镀有入射激光波长增透膜,激光增益介质棒的垂直方向的两个侧面与可吸收激光增益介质ASE的材料胶合,位于最外侧的两个侧面镀有泵浦光波长增透膜。

[0014] 所述的激光增益介质棒两端端面切有楔角,两端面与非胶合侧面垂直,与胶合侧面不垂直但所成角度相同,并关于棒中心截面对称,对抑制寄生振荡有一定的作用。

[0015] 本发明的优点:

[0016] 1、本发明采用小口径、阵列式棒状激光增益介质,避免了激光增益介质尺寸受限的问题,并且可根据能量需求改变棒的数目,具有灵活性。

[0017] 2、本发明采用增益介质棒与可吸收激光增益介质ASE的材料水平方向间相互胶合的方式排布,增益介质棒垂直方向间的间隙为冷却液流通道。一方面,此材料热导率高于增益介质棒,且冷却面多,因而可进行有效的热管理,提高重复频率;另一方面,此材料可有效吸收ASE,提高储能利用率。

[0018] 3、本发明采用液流的冷却方案,冷却效果好,冷却系统简单。

[0019] 4、本发明采用激光二极管侧面泵浦,激光增益介质因泵浦而产生的热沉积减少,系统的效率大大提高。

[0020] 5、本发明的激光增益介质棒为梯度掺杂结构,可提高泵浦的能量利用率。

[0021] 6、本发明的激光增益介质棒两个端面切有楔角,可有效抑制寄生振荡。

附图说明

[0022] 图1是本发明阵列式棒状激光放大器的整体结构框图。

[0023] 图2是本发明阵列式棒状激光放大器激光头的结构示意图。

[0024] 图3是本发明阵列式棒状激光放大器的剖面结构框图。

[0025] 图4是本发明激光增益介质棒的结构示意图。

具体实施方式

[0026] 下面结合实施例和附图对本发明做进一步说明,但不应以此限制本发明的保护范围。

[0027] 先参阅图1,图1是本发明阵列式棒状激光放大器的整体结构框图。由图1可见,阵列式棒状激光放大器,由泵浦源,耦合透镜组,激光增益介质,机械结构四部分组成。所述的泵浦源包括两个平行且相对放置的激光二极管1、2,所述的耦合透镜组由两个平行且相对放置的耦合透镜3、4构成,所述的机械结构7对激光增益介质8提供夹持固定作用,在竖直且平行于激光增益介质8侧面的方向上,嵌有比入射泵浦光斑尺寸大的透光窗口40、41,在竖直且垂直于透光窗口的方向上,两端为进水孔9与出水孔10所在构件,进出水孔9、10外侧端面分别与增益介质侧面相互垂直。

[0028] 两个所述的激光二极管1、2发出的泵浦光分别经过两个所述的耦合透镜组3、4整形匀化后泵浦所述的激光增益介质8,入射激光5的每束激光分别从各个激光增益介质棒的端面入射,两束泵浦光分别从所述激光增益介质棒的侧面垂直入射。

[0029] 所述的激光增益介质8是阵列式激光增益介质,如图2所示,本实施例取N为4,所述的阵列式激光增益介质是由16根激光增益介质棒11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26构成。激光增益介质棒的侧面互相平行,且间距相等,均为1mm,棒的端面互相平行。各激光增益介质棒水平方向的间隙以材料27、28、29、30、31、32、33、34、35、36、37、38胶合,共12根可吸收ASE的材料。激光增益介质棒的激活离子掺杂浓度从中间的棒分别向两侧递减,单根棒的激活离子掺杂浓度均匀。激光增益介质棒的激活离子掺杂浓度根据能量等分的方法确定。竖直方向上激光增益介质棒11、15、19、23和激光增益介质棒12、16、20、24和激光增益介质棒13、17、21、25和激光增益介质棒14、18、22、26的激活离子掺杂浓度分别相同。所述激光增益介质棒的数量根据需要的能量而定。本实施例中激光增益介质棒11、15、19、23与激光增益介质棒14、18、22、26掺杂离子浓度为1.2%,激光增益介质棒12、16、20、24和激光增益介质棒13、17、21、25掺杂离子浓度为0.5%。

[0030] 所述的冷却液体通道39由激光增益介质棒之间的间隙和激光增益介质与机械结构7内壁之间的间隙组成,该冷却液体通道分别与所述的进水孔9和出水孔10连通,冷却液体通道宽度相同,均为1mm。图2中40、41为透光玻璃,构成侧面通光窗口。

[0031] 如图3所示,所述的激光增益介质棒为长方体形状,棒长190mm,垂直于棒轴的中心截面为正方形,尺寸为11mm×11mm。激光增益介质棒的两个端面42、43为激光通光面,镀有入射激光波长1053nm的增透膜,棒的长方形侧面46、47分别与可吸收ASE的材料胶合,最外侧泵浦光入射面分别镀有泵浦光波长802nm的增透膜。

[0032] 所述的激光增益介质棒端面42、43切有楔角,角度为 0.7° ,两端面42、43与非胶合侧面44、45垂直,与胶合侧面46、47不垂直但所成角度相同,并关于棒中心截面对称。

[0033] 本实施例中激光增益介质为钕玻璃,激活离子为钕离子,胶合材料为掺钐的玻璃。

[0034] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施例方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案。本领域的技术人员可以对本发明进行各种修改和变形而不脱离本发明的精神和范围。倘若本发明的这些修改和变形属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变形在内。

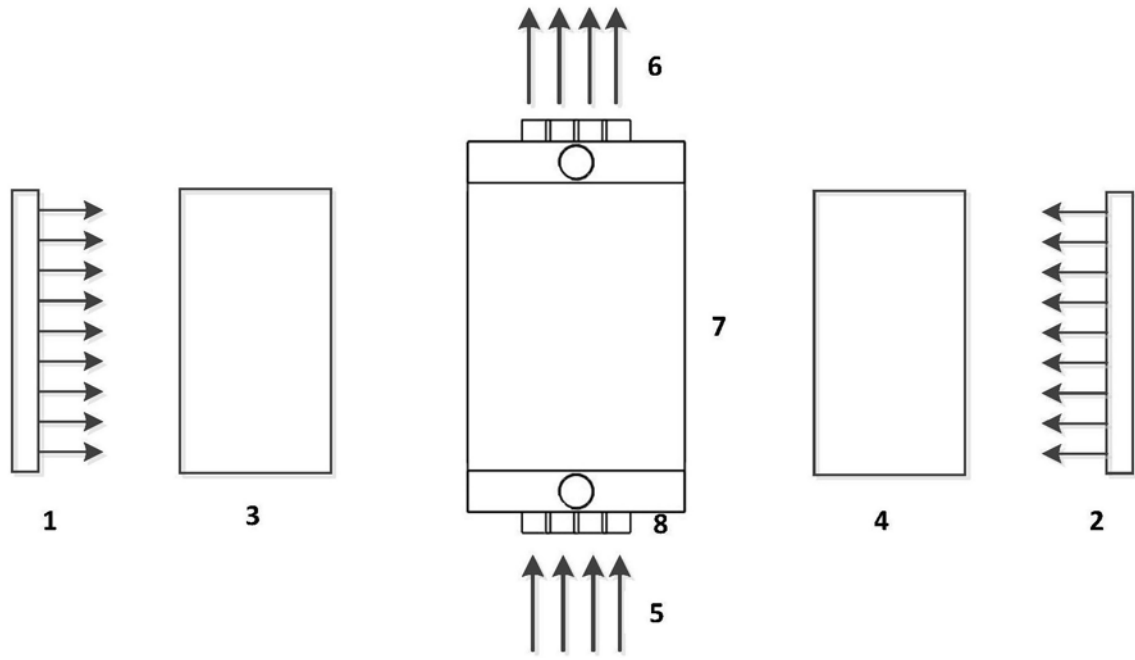


图1

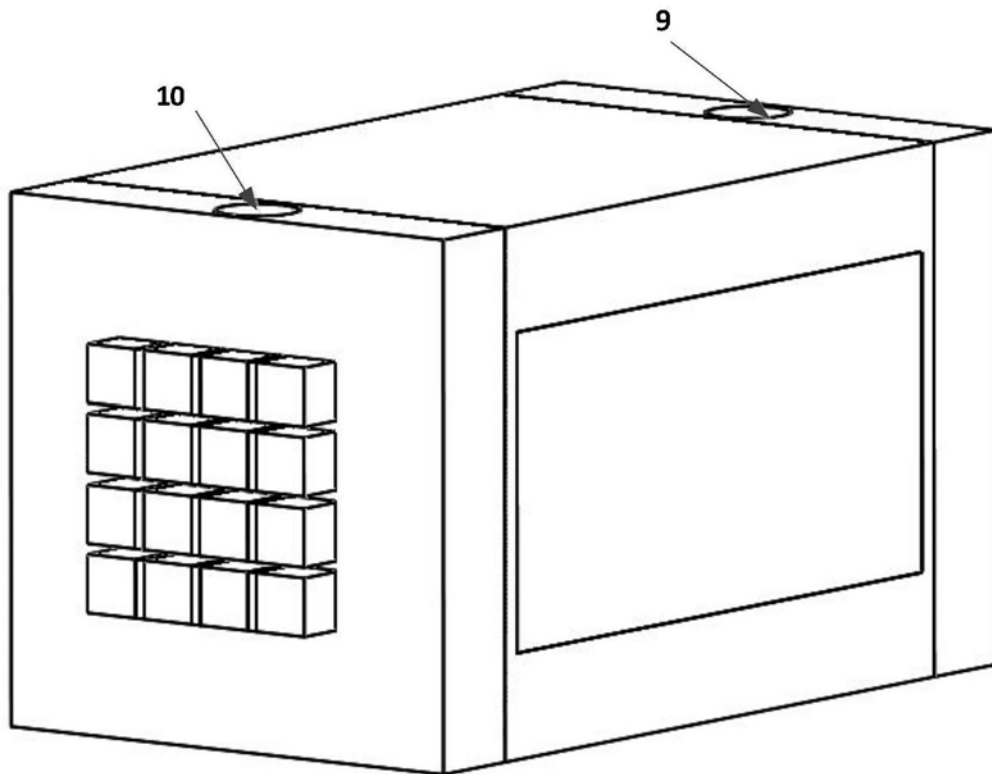


图2

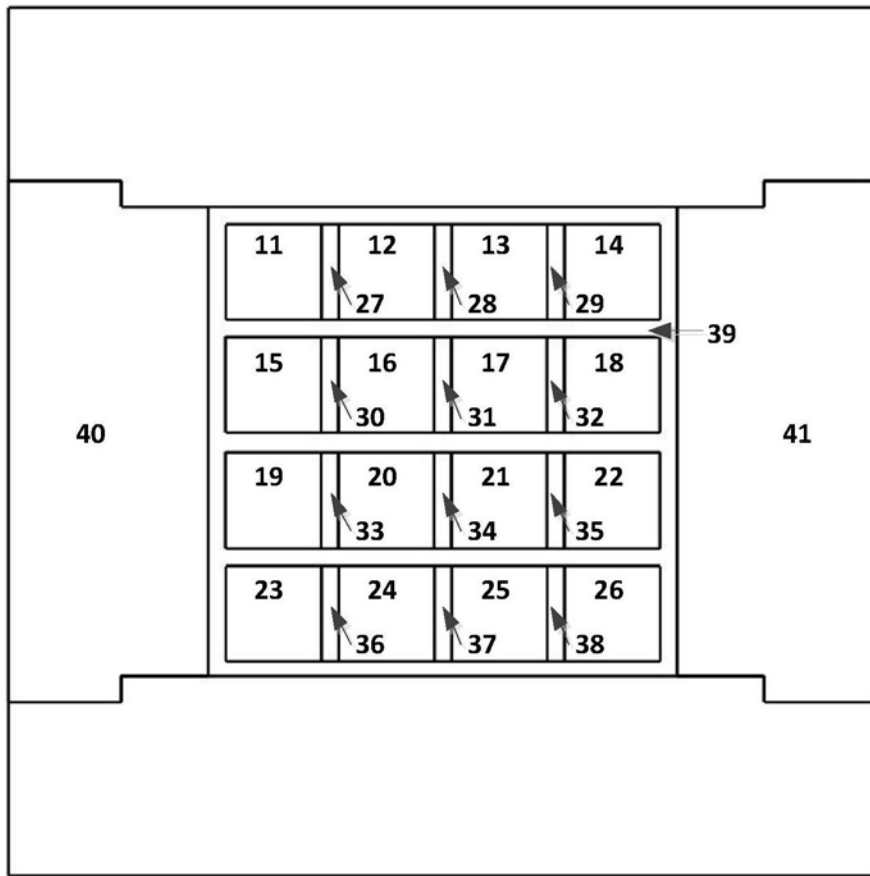


图3

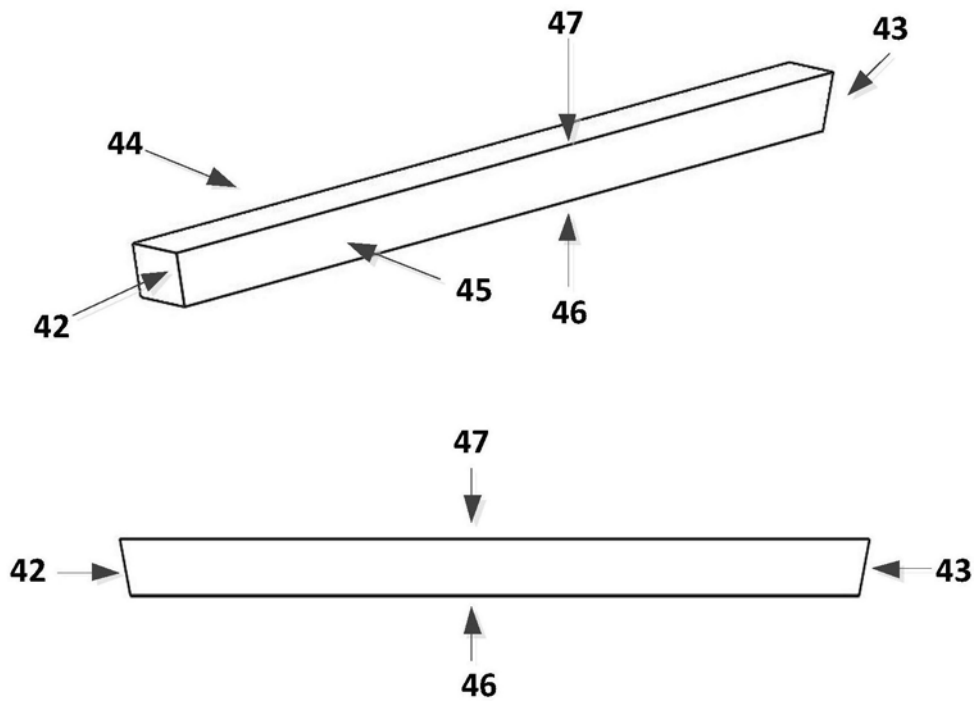


图4