



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105846311 B

(45)授权公告日 2019.03.05

(21)申请号 201610344108.1

H01S 5/14(2006.01)

(22)申请日 2016.05.23

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105846311 A

CN 205790934 U,2016.12.07,
CN 204615152 U,2015.09.02,
CN 104882784 A,2015.09.02,
CN 204290027 U,2015.04.22,
CN 1744395 A,2006.03.08,

(43)申请公布日 2016.08.10

EP 2450737 A2,2012.05.09,

(73)专利权人 华中科技大学
地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

许成文 等.激光表面改性3 kW 半导体激光器
矩形光斑聚焦系统研究.《中国激光》.2016,第
43卷(第1期),

(72)发明人 秦应雄 丁靛 汪菲 钟理京
陈汉元 唐霞辉

审查员 王妍

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 赵伟

(51)Int.Cl.

H01S 5/06(2006.01)

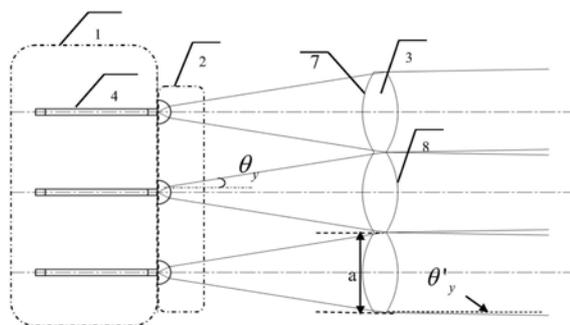
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种半导体激光器

(57)摘要

本发明公开了一种半导体激光器,包括半导体激光器堆栈和光路整形单元;半导体激光器堆栈由多个半导体激光巴条构成,光路整形单元包括第一准直镜和第二准直镜;第一准直镜为条状柱面透镜,用于对激光光束快轴方向进行准直;第二准直镜由柱面镜与球面镜构成,用于对快轴和慢轴两个方向的激光光束进行准直;本发明克服了半导体激光单元或半导体激光阵列的快、慢轴光束宽度和发散角不一致、空间合束后的填充因子低、光学系统结构复杂,加工昂贵、光束质量差、光束分布不均匀等问题,有效改善半导体激光器输出激光光束的质量,同时简化了光路整形过程,并可输出多样化的光斑。



1. 一种半导体激光器,其特征在于,包括半导体激光堆栈和光路整形单元;

所述半导体激光堆栈由多个半导体激光巴条排列而成,每个所述半导体激光巴条由多个半导体激光单元排列而成,激光巴条间的间距与半导体激光单元间的间距相等;

所述光路整形单元包括第一准直镜和第二准直镜;所述第一准直镜用于对半导体激光堆栈发出的激光光束快轴方向进行初次准直处理,获得快轴方向发散角被压缩的光束;第二准直镜用于对所述快轴方向发散角被压缩的光束进行二次准直处理;所述二次准直处理是指对光束的快轴和慢轴两个方向的分散角同时进行压缩的处理;

所述第一准直镜包括多个条状柱面镜;所述条状柱面镜的一面为平面,另一面为凸圆柱面;一个条状柱面镜与一个半导体激光巴条相对应,条状柱面镜的平面紧贴于半导体激光巴条的出射端面;

所述第二准直镜与第一准直镜一一对应地、设置在第一准直镜一侧的特定位置;每个所述第二准直镜面向半导体激光堆栈的一面由多个条状柱面准直镜排列而成,一个条状柱面准直镜对应一个半导体激光巴条;另一面由多个边缘形状为正方形的球面镜排列而成,一个球面镜对应一个半导体激光单元;第一准直镜的出射光从所述第二准直镜的条状柱面准直镜入射,从所述第二准直镜的方形球面镜出射;

所述特定位置,是指入射光通过第一准直镜的条状柱面镜后快轴与慢轴方向的光束宽度相等的位置;

所述半导体激光单元的谐振腔为正支共焦非稳腔;所述半导体激光单元的激光出射端面是一个凹面与一个平面的组合,所述凹面镀有高反膜层,所述平面镀有增透膜层;与激光出射端面平行的端面为镀有高反膜层的凸面;

所述镀有高反膜层的凹面与镀有高反膜层的凸面的曲率中心在激光出射端面的前方重合。

2. 如权利要求1所述的半导体激光器,其特征在于,所述半导体激光单元排列成长方形、近似圆形或三角形,对应输出截面为正方形、长方形、近似圆形或三角形的多样化光斑。

3. 如权利要求1所述的半导体激光器,其特征在于,所述半导体激光器还包括偏振合束模块;

当半导体激光器包括多个半导体激光堆栈时,所述偏振合束模块设于半导体激光堆栈与第一准直镜之间,用于对所有偏振方向不同的半导体激光堆栈出射的激光进行偏振合束处理,以获得高能量的输出激光。

4. 如权利要求1所述的半导体激光器,其特征在于,所述半导体激光器还包括偏振合束模块;

当半导体激光器包括多个半导体激光堆栈时,所述偏振合束模块设于第一准直镜与第二准直镜之间,用于对经过初次准直处理后出射的不同偏振方向的激光进行偏振合束处理,以获得高能量的输出激光。

5. 如权利要求1所述的半导体激光器,其特征在于,所述半导体激光器还包括波长合束模块;

当半导体激光器包括多个半导体激光堆栈时,所述波长合束模块设于半导体激光堆栈与第一准直镜之间,用于对波长各不相同的各半导体激光堆栈的出射光进行波长合束处理,以获得高能量的输出激光。

6. 如权利要求1所述的半导体激光器,其特征在于,所述半导体激光器还包括波长合束模块;

当半导体激光器包括多个半导体激光堆栈时,所述波长合束模块设于第二准直镜的出射方向上,用于对二次准直处理后出射的不同波长的激光进行波长合束处理,以获得高能量的输出激光。

7. 如权利要求1所述的半导体激光器,其特征在于,所述第一准直镜与第二准直镜的镜面表面均镀有一层对应半导体激光波长的增透膜,以增加透光率。

一种半导体激光器

技术领域

[0001] 本发明属于激光器技术领域,更具体地,涉及一种半导体激光器。

背景技术

[0002] 半导体激光器具有电光转换效率高、波长覆盖范围广、可靠性高、体积小、成本低的优点,在材料加工、生物医疗、军事防御和激光泵浦等领域应用广泛。但传统结构的半导体激光器的输出光束在空间分布上存在缺陷,具体在于:半导体激光器的发散角很大,其快轴方向(垂直于pn结方向)发散角约为 70° ,慢轴方向(平行于pn结方向)约为 20° ;其次,半导体激光器光束质量在快慢轴方向不均衡,在快轴方向接近衍射极限,而在慢轴方向的光束质量较差,光参数积一般大于 $400\text{mm}\cdot\text{mrad}$;上述缺陷导致了半导体激光器在应用上的局限性。

[0003] 为了改善上述缺陷,现有技术通常采用复杂的光束整形和空间合束技术,但只能对半导体激光器的输出光束质量进行一定程度的改善,还存在下列问题:由于初始半导体激光单元慢轴方向的光束质量差,经过光束整形和空间合束后的光束质量仍然较差;空间合束后的填充因子低,导致后续的光束质量差;对光束进行分割、平移和重排的光参数积均衡化方法(如平行平板法,阶梯镜法、反射棱镜法、道威棱镜法和倾斜柱透镜阵列法)所使用的光学系统结构复杂,加工昂贵,并且对光学系统的安装精度要求非常高。因此现有的通过光束整形和空间合束技术来改善光束质量的高功率半导体激光器还难以获得广泛的应用。

发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种半导体激光器,其目的在于提供一种光路整形单元简单、可输出高质量光束的半导体激光器。

[0005] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种半导体激光器,包括半导体激光堆栈和光路整形单元两部分;

[0006] 其中,半导体激光堆栈由多个相同的半导体激光巴条排列而成,每个半导体激光巴条由多个相同的半导体激光单元等间距排列而成,相邻激光巴条间的间距与相邻半导体激光单元间的间距相等。

[0007] 其中,光路整形单元包括第一准直镜和第二准直镜;第一准直镜、第二准直与半导体激光堆栈三者数量相等;

[0008] 第一准直镜用于对半导体激光堆栈发出的激光光束的快轴方向进行初次准直处理,获得快轴方向发散角被压缩的光束;第二准直镜用于对该快轴方向被压缩的光束进行二次准直处理;二次准直处理同时压缩光束的快慢轴两个方向的发散角,获得输出功率高、分布均匀的激光光束。

[0009] 优选的,上述半导体激光器,其第一准直镜包括多个分离的条状柱面镜;其中,条状柱面镜的一面为平面,另一面为凸圆柱面;一个条状柱面镜与一个半导体激光巴条相对应,条状柱面镜的平面紧贴于半导体激光巴条的出射端面;

[0010] 一个第二准直镜与一个第一准直镜相对应;第二准直镜设置在第一准直镜一侧的特定位置;第二准直镜面向半导体激光堆栈的一面由多个条状柱面准直镜等距排列而成,另一面由多个边缘形状为正方形的球面镜排列而成;

[0011] 其中,特定位置是指入射光通过第一准直镜的条状柱面镜后快轴与慢轴方向的光束宽度相等的位置;

[0012] 其中,面向半导体激光堆栈这一面的每个条状柱面准直镜,对应一个半导体激光巴条;一个边缘形状为正方形的球面镜对应一个半导体激光单元,第一准直镜的出射光从第二准直镜的柱面准直镜入射,从第二准直镜的方形球面镜出射;

[0013] 上述光路整形单元,用两块透镜的组合实现了复杂结构的功能,提高了快轴方向上的光束质量,提高了光束整体的填充因子,获得分布均匀的出射光束;并且降低对使用安装的精度要求,缩小了整个半导体激光器的体积。

[0014] 优选的,上述半导体激光器,其半导体激光单元的谐振腔为正支共焦非稳腔;其半导体激光单元的激光出射端面是一个凹面与一个平面的组合,其中,凹面镀有高反膜层,平面镀有增透膜层。与激光出射端面平行的端面是镀有高反膜层的凸面;上述镀有高反膜层的凹面与镀有高反膜层的凸面的曲率中心在激光出射端面的前方重合,该结构可以增大能量转化效率。

[0015] 优选的,上述半导体激光器,其半导体激光堆栈的半导体激光单元排列成正方形、长方形、近似圆形或三角形,对应输出光束的截面为正方形、长方形、近似圆形或三角形的多样化光斑,可适应不同形状的光源需求。

[0016] 优选的,上述半导体激光器,还包括偏振合束模块;当半导体激光器包括多个半导体激光堆栈时,偏振合束模块设于半导体激光堆栈与第一准直镜之间,用于对所有半导体激光堆栈出射的不同偏振方向的激光进行偏振合束处理。

[0017] 优选的,上述半导体激光器,还包括偏振合束模块;

[0018] 当半导体激光器包括多个半导体激光堆栈时,偏振合束模块设于第一准直镜与第二准直镜之间,用于对经过初次准直处理后出射的不同偏振方向的激光进行偏振合束处理;以获得超高功率的输出激光。

[0019] 由于采用偏振合束模块对偏振方向不同的多个半导体激光堆栈出射的激光进行偏振合束,因此可以通过增加半导体激光器堆栈的数量,达到提高光路整形单元入射光功率密度的目的,进而达到提高半导体激光器输出光功率密度的目的,获得更高能量的输出光束。偏振合束模块还可以放置在整形光路之后,均是用于偏振合束处理,以获得超高功率的输出激光。

[0020] 优选的,上述半导体激光器,还包括波长合束模块;当半导体激光器包括多个半导体激光堆栈时,波长合束模块设于半导体激光堆栈与第一准直镜之间,用于对所有半导体激光堆栈的出射光进行波长合束处理。

[0021] 优选的,上述半导体激光器,还包括波长合束模块;当半导体激光器包括多个半导体激光堆栈时,波长合束模块设于第一准直镜与第二准直镜之间,用于对初次准直处理后出射的不同波长的激光进行波长合束处理,以获得超高功率的输出激光。

[0022] 由于采用波长合束模块对多个半导体激光堆栈出射的激光进行波长合束,因此可以通过增加半导体激光器堆栈的数量,达到提高光路整形单元入射光功率密度的目的,进

而达到提高半导体激光器输出光功率密度的目的,以获得超高功率的输出激光。波长合束模块还可以放置在整形光路的出射方向上,均是用于波长合束处理。

[0023] 优选的,上述半导体激光器,其第一准直镜和第二准直镜的每个镜面的表面均镀有一层对应半导体激光波长的增透膜,以增加透光率,减少光损耗,提高能量利用率。

[0024] 优选的,上述半导体激光器,其第一准直镜和第二准直镜的镜面类型可根据实际需要采用球面或非球面面型。

[0025] 优选的,上述半导体激光器,其半导体激光单元采用量子阱结构或垂直腔面发射结构。

[0026] 本发明提供的上述半导体激光器,通过第一准直镜和第二准直镜的组合获得高功率高光束质量的激光输出,具有结构简单的突出特点;总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0027] (1) 本发明提供的半导体激光器,其半导体激光发光单元的谐振腔采用正支共焦非稳腔结构;由于正支非稳腔结构的焦点在谐振腔外面,降低了半导体激光单元的功率密度,提高功率输出的光热稳定性;

[0028] 另一方面,正支共焦非稳腔具有有效抑制高阶模的能力,从大尺寸的增益介质方向上获得接近衍射极限的光束输出,极大改善了出射光慢轴方向的光束参数;在小尺寸的方向上则利用小尺寸范围内的增益体积与谐振腔内最低阶模的模体积的良好匹配,实现高效、高光束质量的激光振荡;由此使得激光器出射光束快轴与慢轴方向的BPP (Beam parameter produc,光束参数乘积)更接近,大大简化对半导体激光准直光路结构;

[0029] (2) 本发明提供的半导体激光器,由于采用聚焦来改变光束形状,因此其半导体激光单元输出激光的快轴光束参量乘积与慢轴光束参量乘积一致,输出激光质量更好;

[0030] (3) 本发明提供的半导体激光器,采用第一准直镜和第二准直镜构成光路整形单元;该光路整形单元只需要两块镜片构成,一片是靠近输出窗口位置的柱面镜,用于压缩快轴方向的发散角;另外一块是柱面球面组合镜,其面向半导体发光单元一侧是柱面镜,用于对快轴方向的发散角进一步压缩,另外一侧是球面镜,用于同时对快轴和慢轴方向的光束进行压缩处理;通过调整各半导体激光巴条发光点之间的距离、半导体激光巴条之间的间距、镜面的曲率、不同镜面的间隔,可以实现填充因子到达100%的目的,获得更高质量的输出激光;

[0031] 本发明提供的半导体激光器,由于对快轴方向和慢轴方向不同的光路设计,在两个方向上具有不同的汇聚效果;因此克服了半导体激光单元的快慢轴光束宽度和发散角不一致、空间合束后的填充因子低的缺陷,有效改善了半导体激光器输出光束的质量;

[0032] (4) 本发明提供的半导体激光器,其优选方案通过添加偏振合束模块或波长合束模块,在不改变光束质量的情况下,可以获得更高功率的激光输出;

[0033] (6) 本发明提供的半导体激光器适用于紧凑空间,且可根据实际应用场景调整内部组件间隔,具有灵活适用的特点。

附图说明

[0034] 图1是本发明实施例提供的半导体激光单元的截面图;

[0035] 图2是本发明实施例提供的半导体激光器慢轴方向的截面图;

[0036] 图3是本发明实施例提供的半导体激光器快轴方向的截面图；

[0037] 图4是本发明实施例提供的逆光路方向的半导体激光堆栈分布形成正方形的示意图；

[0038] 图5是本发明实施例里的第二准直镜的三维结构示意图；

[0039] 图6是本发明实施例提供的逆光路方向的半导体激光堆栈分布示意图；其中，图(a)是形成圆形时的示意图，图6(b)是形成矩形时的示意图；

[0040] 在所有附图中，相同的附图标记用来表示相同的元件或结构，其中：1-半导体激光堆栈，2-第一准直镜，3-第二准直镜，4-半导体激光巴条，5-半导体激光单元，6-正支共焦非稳腔，7-柱面准直镜，8-方形球面透镜，9-镀高反膜的凹面，10-镀增透膜的平面出光窗口，11-镀高反膜的凸面。

具体实施方式

[0041] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0042] 本实施例提供的半导体激光器，包括半导体激光堆栈和光路整形单元；其中，光路整形单元包括第一准直镜和第二准直镜；半导体激光堆栈由多个半导体激光巴条等距排列而成，半导体激光巴条由多个半导体激光单元等间距排列而成。

[0043] 如图1所示，半导体激光单元5的内部谐振腔具有两个与光路垂直的镜面，即镀高反膜的凹面9、镀增透膜的平面10和镀高反膜的凸面11组成的输出端面。

[0044] 实施例中，半导体激光单元5的内部谐振腔为非稳波导混合腔，快轴方向为波导结构，谐振腔尺寸约为 $1\mu\text{m}$ ，发散角约为 58° ，快轴方向BPP (Beam parameter product, 光束参数乘积) 约为 $0.25\text{mm} \cdot \text{mrad}$ ；慢轴方向采用正支非稳腔结构，非稳腔能够有效抑制高阶模，使得其构成的半导体激光器在慢轴方向也能获得基模输出，发散角约为 20° 。

[0045] 如图2所示为实施例提供的半导体激光器慢沿轴方向的截面图，激光器出射激光的慢轴发散角为 20° ，比传统半导体激光器慢轴发散角略大；光束经由分离的条状柱面镜（第一准直镜2）后，其慢轴方向发散角没有变化，光束继续传输，经过柱面球面镜后（第二准直镜3），在球面镜一侧慢轴方向被准直；图2中角 θ_x 是输出激光慢轴方向上的发散角， θ'_x 是经过两次整形后得到的慢轴方向上的发散角，此时缩小到 5° 以内。

[0046] 如图3所示为本发明实施例提供的半导体激光器沿快轴方向的截面图；激光器出射激光具有的快轴发散角为 45° ；半导体激光堆栈1的出射光束经由第一个柱面准直镜7后快轴发散角被压缩为 θ_y ，经过方形球面透镜8后快轴发散角被进一步压缩，得到的发散角为 θ'_y ，和慢轴方向上最后的发散角 θ'_x 相同，方形球面透镜8的曲率根据发散角满足的公式 $\theta'_y = \theta'_x$ 计算得到，使出射的激光光束分别在快轴与慢轴方向获得准直。

[0047] 实施例中，第二准直镜设置在快轴与慢轴方向的光束宽度都为a的位置；通过控制第二准直镜的安放位置，可以获得在快轴和慢轴方向的占空因子都达到100%的准直光束；

[0048] 如图4所示为实施例中的一种半导体激光堆栈，其中任意相邻两个半导体单元3的间距b相等，形成的半导体激光堆栈的整体形状为正方形。

[0049] 实施例中,第一准直镜为分离式快轴准直镜,第二准直镜为集中式快慢轴准直镜;如图5所示为本发明实施例里的第二准直镜的三维结构示意图;其中透镜入射面和出射面类型不相同,柱面准直镜7为一系列沿直径方向排列的完全相同的柱面镜,方形球面透镜8是在同一平面上整齐排列的轮廓为正方形的球面镜。

[0050] 如图6所示是实施例中的半导体激光器堆栈形状示意,每个小格示意一个半导体激光单元;通过调整半导体激光巴条包含半导体激光单元的个数与半导体激光巴条的数量,可以获得任意长宽比的矩形光斑;还可以根据应用需求,通过调整半导体激光单元的排列方式,使其排列成图6(a)所示的近似圆形、图6(b)所示的长方形、或排列成正方形、三角形,获得近似圆形、长方形光斑或正方形、三角形光斑。

[0051] 总体而言,本发明从高效的输出高光束质量和超高功率的激光等方面考虑,提供了一种半导体激光器。

[0052] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

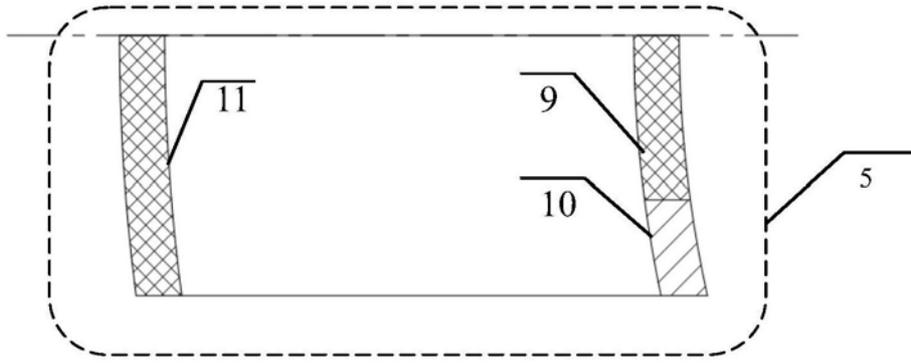


图1

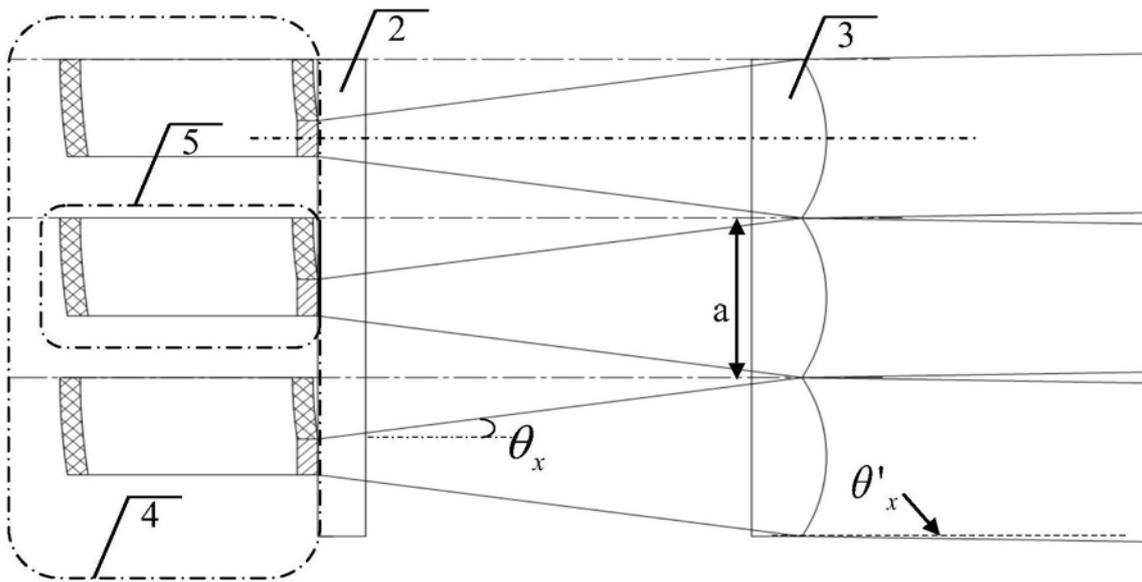


图2

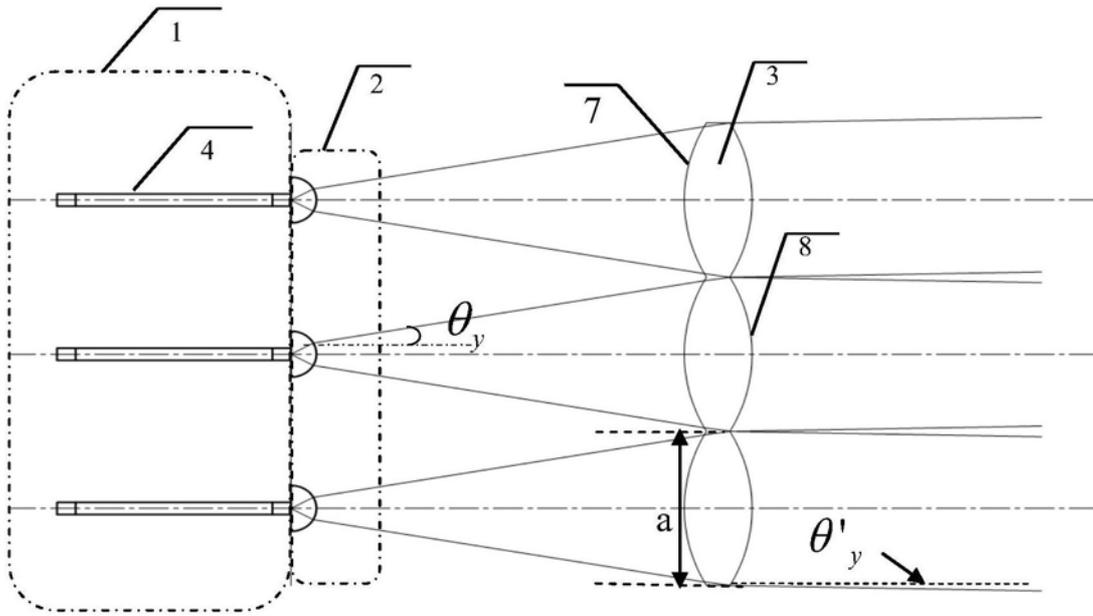


图3

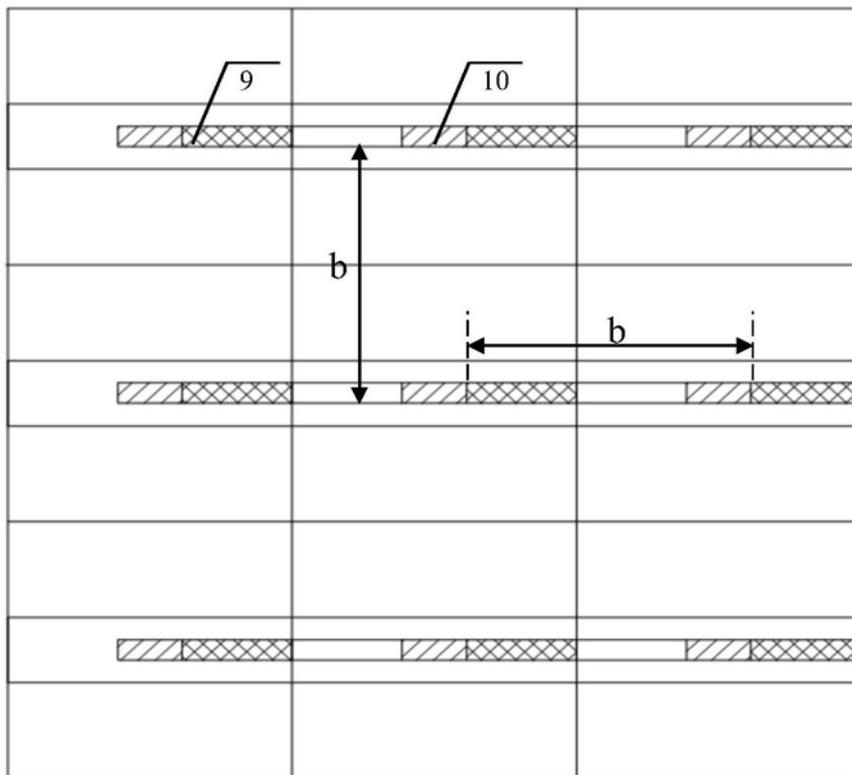


图4

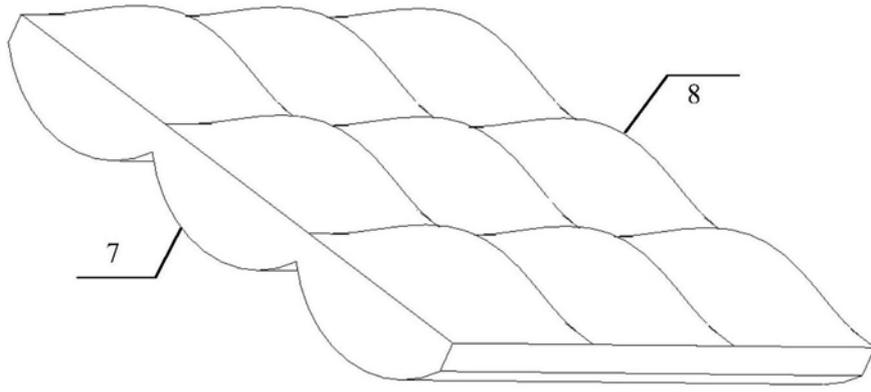
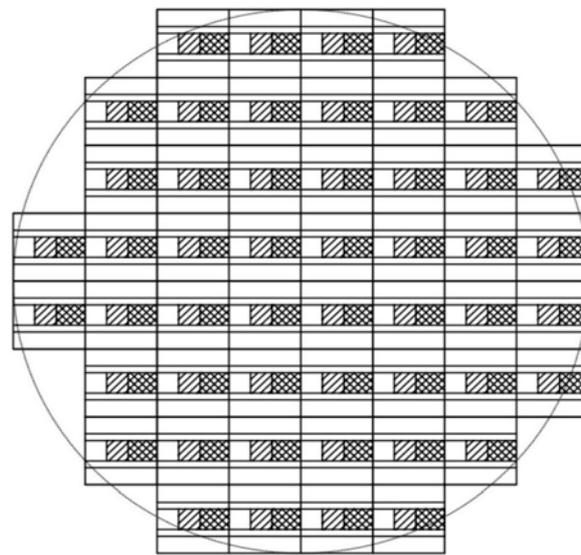
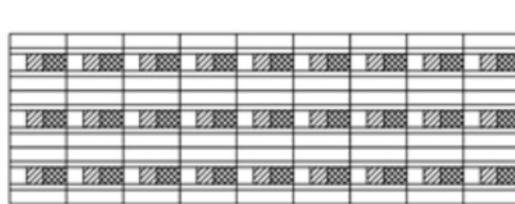


图5



(a)



(b)

图6