



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101915993 A

(43) 申请公布日 2010. 12. 15

(21) 申请号 201010222807. 1

(22) 申请日 2010. 07. 12

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 张俊 王立军 王琪 郝明明 张志军

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

G02B 27/09 (2006. 01)

G02B 1/11 (2006. 01)

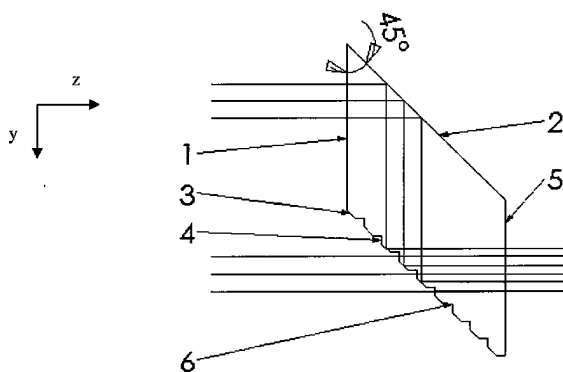
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

光束压缩镜

(57) 摘要

本发明涉及一种光束压缩镜,该光束压缩镜为一块玻璃板,其第一入射面与第一反射面之间的夹角为 45°,第一入射面与出射面之间相互平行,各第二反射面与第一反射面之间相互平行;每个沟槽具有一个平行于第一入射面的光学表面,该光学表面为第二入射面;从第一入射面入射的各单元光束经第一反射面和第二反射面反射后穿插在从第二入射面入射的各单元光束之间,并与从第二入射面入射的单元光束一同由出射面出射。本发明的光束压缩镜反射率高、结构简单、加工方便、成本低、装调简便,在减小光束线宽的同时不增加发散角,有效减小了条纹光斑的光参数积,增加了输出光束的亮度,可适用于多个准直后的光束叠加而成的条纹光束的压缩。



1. 一种光束压缩镜,其特征在于所述的光束压缩镜为一块玻璃板,该玻璃板具有第一入射面(1)、第一反射面(2)、出射面(5)、N个第二反射面(3)及M个与第二反射面(3)均匀相间分布的沟槽(6);其中第一入射面(1)与第一反射面(2)之间的夹角为 45° ,第一入射面(1)与出射面(5)之间相互平行,各第二反射面(3)与第一反射面(2)之间相互平行;每个沟槽(6)具有一个平行于第一入射面(1)的光学表面,该光学表面为第二入射面(4);从第一入射面(1)入射的各单元光束经第一反射面(2)和第二反射面(3)反射后穿插在从第二入射面(4)入射的各单元光束之间,并与从第二入射面(4)入射的单元光束一同由出射面(5)出射。

2. 根据权利要求1所述的光束压缩镜,其特征在于所述玻璃板的厚度a大于单元光束(8)的长度L;玻璃板的尺寸b与光束平移的距离相等;玻璃板斜边c的尺寸等于 $1.414d$,其中d为第一反射面(2)反射的单元光束沿y方向的尺寸。

3. 根据权利要求2所述的光束压缩镜,其特征在于所述沟槽(6)形状为 45° 的直角三棱柱,该直角三棱柱在yz平面上为 45° 直角三角形,该直角三棱柱的斜面与第二反射面(3)在同一平面上,并且直角三棱柱在x方向的尺寸与第二反射面(3)的在该方向的尺寸相等;该直角三棱柱与z方向垂直的面为第二入射面(4),第二入射面(4)沿y方向的尺寸等于光束周期m的 $1/2$,第二入射面(4)沿y方向的空间周期为光束周期m。

4. 根据权利要求3所述的光束压缩镜,其特征在于所述的第一入射面(1)、第二入射面(4)和出射面(5)均镀有增透膜。

光束压缩镜

技术领域

[0001] 本发明属于半导体激光光束整形技术领域,涉及一种将经过准直后的多个激光光束叠加而成的条纹光束进行压缩的光束压缩镜。

技术背景

[0002] 半导体激光器具有转换效率高、寿命长、体积小和重量轻等优点,在人类的生产活动中占有日益增长的地位,广泛应用于工业、军事和科研等方面。但是半导体激光器光束质量差,限制了它在一些对功率密度和亮度要求高场合的应用,如激光切割、激光打孔等。提高半导体激光器的光束质量和亮度成为了拓展半导体激光器应用市场研究的重要研究方向。

[0003] 光束质量一般用光参数积来评价,它定义为光束的半宽 * 光束的发散半角,它和光束的线宽成正比,光参数积越小,光束质量越好。亮度为单位面积单位空间立体角上的功率输出,它和光斑线宽的平方成反比关系。压缩光束的线宽可以极大地提高半导体激光器的光束质量和亮度,拓宽半导体激光器的应用范围。

[0004] 目前,产生高功率的半导体激光器单元形式主要为边发射半导体激光器,其单个出光口尺寸为 $1\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 左右,受衍射影响, $1\mu\text{m}$ 方向输出发散角为 60° 以上,称为快轴方向,另外一个方向称为慢轴方向,其发散角也在 10° 左右,这就造成光斑在快慢轴方向上极不对称。对于标准的半导体激光器结构,慢轴方向上有多个发光点,其长度一般为 1cm ,称为 bar, bar 的慢轴方向的光参数积是快轴方向的几百或上千倍。

[0005] Bar 可以直接进行运用,也可以进光纤。在此主要是考虑进光纤的情况,由于 bar 的快慢轴方向的光参数积不均衡,而光纤的光参数积(纤芯半宽 * 数值孔径)是对称的,慢轴的光参数积远大于光纤的光参数积,而快轴的远小于光纤的光参数积,因此为了进纤芯直径小的光纤,实现高功率密度输出,快慢轴方向的光参数积必须进行均衡,其方法主要是将慢轴方向的光参数积切割成 n 份,然后再在快轴方向上叠加,其中 n 由实际情况而定。在光束切割重排后,快轴方向的叠加若出现中间不发光区过大,造成整体线宽增加,必须减小中间的不发光区。

[0006] 为了实现上千瓦功率输出,一般采用多个 bar 条叠加形成叠阵形式,其准直后的单元光束叠加形成条纹光束。bar 之间的距离一般取为 1.9mm 左右,于是在单元光束之间形成大的缝隙,而光斑尺寸计算时将缝隙也计算在内,于是增加了光参数积,降低了功率密度。用光束填充缝隙,而不增加光束的发散角,可以降低光参数积,提高输出光束的亮度。

发明内容

[0007] 本发明要解决的技术问题是提供一种能够减小由多个单元光束叠加形成的条纹光束的线宽而不增加发散角,从而有效减小条纹光斑的光参数积,增加输出光束的亮度的光束压缩镜。

[0008] 为了解决上述技术问题,本发明的光束压缩镜为一块玻璃板,该玻璃板具有第一

入射面、第一反射面、出射面、N 个第二反射面及 M 个与第二反射面均匀相间分布的沟槽；其中第一入射面与第一反射面之间的夹角为 45° ，第一入射面与出射面之间相互平行，各第二反射面与第一反射面之间相互平行；每个沟槽具有一个平行于第一入射面的光学表面，该光学表面为第二入射面；从第一入射面入射的各单元光束经第一反射面和第二反射面反射后穿插在从第二入射面入射的各单元光束之间，并与从第二入射面入射的单元光束一同由出射面出射。

[0009] 条纹光束由玻璃板的第一入射面和第二入射面垂直入射；从第一入射面入射的单元光束在第一反射面上发生内反射，光轴发生 90° 偏折，反射的光束打在第二反射面上，又发生内反射，光轴再次发生 90° 偏折，按原来的方向传输，从出射面出射；从第二入射面入射的单元光束直接从出射面出射。这样，将从第一入射面入射的单元光束平移，穿插到从第二入射面入射的单元光束中，实现了条纹光束的线宽压缩。

[0010] 本发明的光束压缩镜结构简单，可以通过在一块锐角为 45° 的平行四边形玻璃平板的一个侧面上刻蚀 45° 直角三角形沟道制成。由于采用内反射方式来反射光束，不需要采用镀高反射膜的工艺，不仅反射率高，而且加工方便、降低了成本；采用一个元件实现了光束的空间穿插压缩，降低了装调难度；采用空间耦合方法实现光束压缩，光束质量提高 1 倍。在减小光束线宽的同时不增加发散角，有效减小了条纹光斑的光参数积，增加了输出光束的亮度。

[0011] 对于斜 45° 平行玻璃板的选择：入射光要在玻璃斜 45° 的面上发生内反射，玻璃板的折射率 n 只要满足全反射条件即可。

[0012] 所述玻璃板的厚度 a 大于单元光束的长度 L ；玻璃板的尺寸 b 与光束平移的距离相等；玻璃板斜边 c 的尺寸与在第一反射面反射的单元光束有关，它等于 $1.414d$ ，其中 d 为第一反射面反射的单元光束沿 y 方向的尺寸。

[0013] 所述沟槽形状为 45° 的直角三棱柱，该直角三棱柱在 yz 平面上为 45° 直角三角形，该直角三棱柱的斜面与第二反射面在同一平面上，并且直角三棱柱在 x 方向的尺寸与第二反射面的在该方向的尺寸相等；该直角三棱柱与 z 方向垂直的面为第二入射面，第二入射面沿 y 方向的尺寸等于光束周期 m 的 $1/2$ ；第二入射面沿 y 方向的空间周期为光束周期 m 。

[0014] 所述的第一入射面、第二入射面和出射面均镀有增透膜。

[0015] 本发明的光束压缩镜可适用于多个准直后的光束叠加而成的条纹光束的压缩，要求单元光束的宽度小于光束周期 m 的 $1/2$ ，如叠阵，对于半导体激光器光束整形合束具有很强的实用性。本发明也可对 LIMO 公司生产的光束变形系统 (BTS) 输出的光束进行光束压缩，它能将条纹光束线宽压缩到原来的 $1/2$ ，将光参数积减小到原来的一半，功率密度提高 4 倍。

附图说明

[0016] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0017] 图 1 为本发明的光束压缩镜的主视图。

[0018] 图 2 为本发明的光束压缩镜的立体图。

[0019] 图 3a、3b 分别为制作本发明的光束压缩镜所用的锐角为 45° 的玻璃平板的 xy 和

yz 平面视图。

[0020] 图 4a、4b 分别为条纹光束压缩前的示意图和条纹光束经压缩后的示意图。

[0021] 图 5a 为针对 BTS 设计的光束压缩镜的立体图。

[0022] 图 5b 为针对 BTS 设计的光束压缩镜的第二反射面 3 和沟槽 6 的局部放大图。

[0023] 图 6 为采用 zemax 模拟的光路图。

具体实施方式

[0024] 如图 1、2 所示,本发明的光束压缩镜直接在一块斜 45° 的平行玻璃板的一个斜面上刻蚀沟槽 6 制得。光束压缩镜具有第一入射面 1、第一反射面 2、第二反射面 3、第二入射面 4 和出射面 5。

[0025] 其中第一入射面 1 与第一反射面 2 之间的夹角为 45° ,第一入射面 1 与出射面 5 之间相互平行,第一反射面 2 与第二反射面 3 之间相互平行;N 个第二反射面 3 与 M 个沟槽 6 均匀相间分布(N 的数值等于所要平移的单元光束 8 的数量,设单元光束的数量为 K,当 K 为偶数 $2q$ 时, $N = M = q$,当 K 为奇数 $2q+1$ 时, $N = M = q$,还有一条单元光束直接从玻璃板的第一入射面和出射面透射过去,如图 1 中有 19 个单元光束入射,第二反射面 3 的数量 N 等于 9,沟槽 6 的数量 M 等于 9,入射光的中间一条单元光直接从第一入射面和出射面透射过去)。沟槽 6 具有一个平行于第一入射面 1 的光学表面,该光学表面为第二入射面 4。

[0026] 压缩光束的过程:沿 z 方向传输的准直光束,入射到玻璃板的第一入射面 1 和第二入射面 4;从第一入射面 1 入射的光束在第一反射面 2 发生内反射,光轴发生 90° 偏折,沿 y 方向传输,反射的光束打在玻璃板的第二反射面 3,又发生内反射,光轴再次发生 90° 偏折,光束按原来的方向 z 方向传输,从出射面 5 出射,实现一端光束平移到另一端。从第二入射面 4 入射的光束,传输方向不改变,仍沿 z 方向传输,从出射面 5 出射。整个过程是通过光束压缩镜将一端的光束空间穿插在另一端中,实现条纹光束线宽压缩(如图 4a、4b 所示)。

[0027] 如图 3a、3b 所示,对于斜 45° 平行玻璃板的选择:入射光要在玻璃板斜 45° 的面上发生内反射,同时一些发散的光束也能发生内反射,玻璃板的折射率 n 只要满足全反射条件即可。

[0028] 玻璃板的沿 x 方向的尺寸 a 由条纹光束沿 x 方向的尺寸 L 决定, a 大于条纹光束的尺寸 L,其厚度 a 至少比条纹光束沿 x 方向的尺寸 L 大 2mm,其具体大多少主要由调节精度和安装固定决定。玻璃板沿 y 方向的尺寸 b 由光束所要平移的距离决定,它与光束平移的距离相等。玻璃板沿 z 方向的长度由第一反射面反射的光在 y 方向的总长度 d 决定,由于第二反射面 3 斜 45° ,因此沿 z 方向的长度和沿 y 方向的反射光长度相等,斜边 c 等于 $1.414d$ 。

[0029] 所述沟槽 6 形状为 45° 的直角三棱柱,该直角三棱柱的斜面与第二反射面 3 在同一平面上,并且直角三棱柱的斜面的沿 x 方向尺寸与第二反射面 3 在该方向尺寸相等;该直角三棱柱与 z 方向垂直的面为第二入射面 4,第二入射面 4 沿 y 方向的尺寸等于光束周期 m 的 $1/2$,第二入射面 4 沿 y 方向的空间周期为光束周期 m。

[0030] 实现条纹光束 7 空间穿插压缩作用的主要是刻蚀有沟槽 6 的玻璃板斜表面。此斜表面上第二反射面 3 和第二入射面 4 均匀相间分布。第二入射面 4 与入射光方向呈 90° ,

光束在第二入射面 4 处发生正入射, 光束不发生偏转, 沟槽 6 的沿 z 方向的平面保证玻璃板不挡光即可。第二反射面 3 与第一反射面 2 配合, 将从第一反射面 2 反射过来的光束再次进行反射, 使光路沿 z 方向继续传输。为了实现反射光束的均匀穿插, 各第二入射面 4 和入射的各单元光束位置一一对准, 各第二反射面 3 与第一反射面 2 反射过来的各单元光束一一对准。沟槽 6 沿 y 方向的空间周期等于单元光束的周期 m, 第二入射面 4 沿 y 方向的长度等于 $m/2$, 沟槽 6 均匀分布在玻璃板的 45° 斜面上。

[0031] 1、LIMO 公司生产的光束变形系统 (BTS) 输出光束的压缩。

[0032] LIMO 公司的产品 BTS 是一种通过单个光学元件进行光束的快慢轴翻转, 达到光束切割重排的目的, 实现光斑均衡的器件。

[0033] 对其中某款产品 Beam_Transformation_System_BTS_1421_410 的光束进行压缩。此产品针对的激光 bar 参数为: 出光口为 $150\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$, 发散半角为 $30^\circ \times 5^\circ$, 发光单元周期为 $500\mu\text{m}$, 填充因子 30%, 19 个发光点, 长为 1cm。设光束的波长为 808nm。

[0034] 具体光路为 bar 条输出的光束首先经过快轴准直镜 FAC286, 快轴准直后的包含能量 $> 85\%$ 的光束发散角为 3.8mrad, 相应的光束线宽为 0.2mm 左右, 然后经过 BTS, 光束的快慢轴发生翻转, 在原来的慢轴方向上叠加 19 个快轴光斑, 于是每个线宽 0.2mm 的光斑占用 0.5mm 的空间, 大部分为非发光区, 设计光束压缩镜消除这部分非发光区可以降低光束的光参数积, 增加光功率密度。

[0035] 若将光束压缩镜直接放置在 BTS 之后, 考虑到慢轴方向发散角太大, 光束之间的光程不一致, 使得部分光束会加宽, 因此将光束压缩镜放在慢轴准直镜之后。经过慢轴准直后, 慢轴发散全角可压缩到 0.5° 以下, 此时慢轴的全宽为 3mm 左右, 此元件不对快轴方向产生影响。

[0036] 由于快轴 19 个光斑叠加, 在此将一端的 9 个光斑空间穿插到另一端的 10 个光斑中。

[0037] 光束准直镜的设计:

[0038] 首先选择 45° 平行玻璃板的材料, 考虑到玻璃的综合性能, 在此选用 K9, 其折射率为 1.510618, 全发射角为 41.45° , 入射角 45° 大于全反射临界角 41.45° , 满足全发射角条件。

[0039] 平行玻璃板的尺寸设计: 如图 5a 所示, 玻璃板的厚度 $a > 3\text{mm}$, 在此取为 $a = 5\text{mm}$; 宽度 b 由入射的光点数决定, 由于是将 9 个发光点空间穿插到另外 10 个之中, 这 9 个发光点采用内反射, 另外 10 个采用直接正入射, 透过玻璃板, 因此 d 等于 9 个单元光束在 y 方向的尺寸 $9 \times 0.5 = 4.5\text{mm}$, 则玻璃板斜边 $c = 1.414 \times b = 6.363\text{mm} \approx 6.36\text{mm}$ 。b 为反射光束沿 y 方向的平移距离, 由于是将这 9 个单元光束穿插到另外 10 个单元光束之中, 在此相当于平移了 9.5 个单元光束距离, 因此 $b = 9.5 \times 0.5\text{mm} = 4.75\text{mm}$ 。

[0040] 沟槽尺寸的确定: 如图 5b 所示, 由于单元光束的周期为 0.5mm, 因此沟槽的直角边为 0.25mm, 相邻沟槽在 y 方向的距离为 0.5mm。

[0041] 采用 zemax 对光路进行模拟, 如图 6 所示。其得到的光斑结果如图 4b 所示, 原来在 y 方向为 10mm (9.6mm) 的线宽经过压缩后变为 5mm, 发散角不变, 能量几乎没有损失。

[0042] 2、叠阵光束的压缩

[0043] 目前, 实现上千瓦输出功率的激光器的组合形式多为快轴方向上直接叠加的叠阵

形式,由于装调和热沉等因素的限制,bar之间的距离不能太小,使得经过准直后的光斑之间的距离仍然很大,光束中间存在很大的不发光区,使得光功率密度很低。为了增加光功率密度,消除中间的不发光区,采用光束压缩镜可以很好地实现。

[0044] 设有一由 20 个标准的 bar 条叠加而成的叠阵输出,bar 周期为 1.9mm(单元光束周期为 1.9mm),采用快轴准直镜快轴经过准直后光束的线宽为 0.8mm,不发光的区域为 1.1mm。采用光束压缩镜将一端的 10 条光束空间穿插到另一端上。

[0045] 针对于这种情况,玻璃板的结构参数 : $a = 15\text{mm}$, $b = 18.05\text{mm}$, $c = 25.523\text{mm}$ 。沟槽 6 垂直面沿 y 方向的长为 0.95mm,沟槽 6 沿 y 方向的空间周期为 1.9mm。第二反射面 3 在斜面的尺寸为 1.3433mm。

[0046] 可将光束从原来的 38mm 压缩到 20mm。

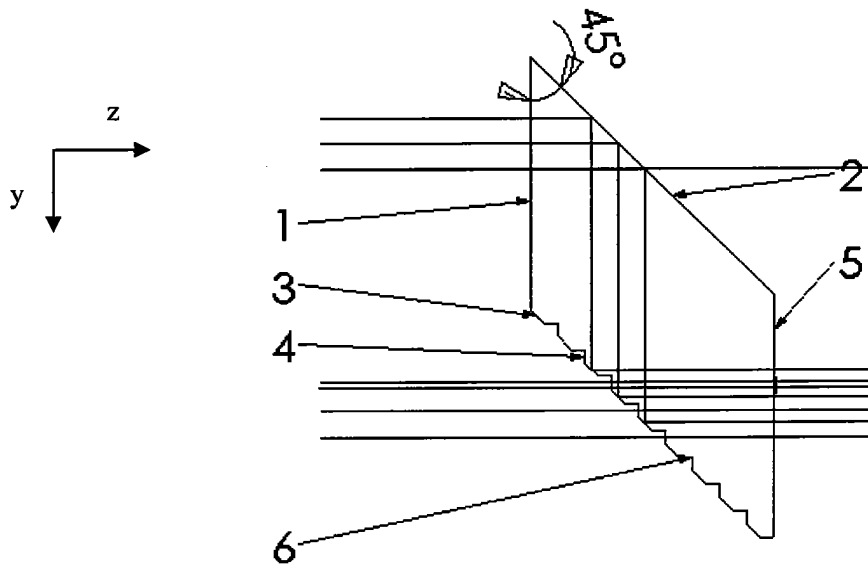


图1

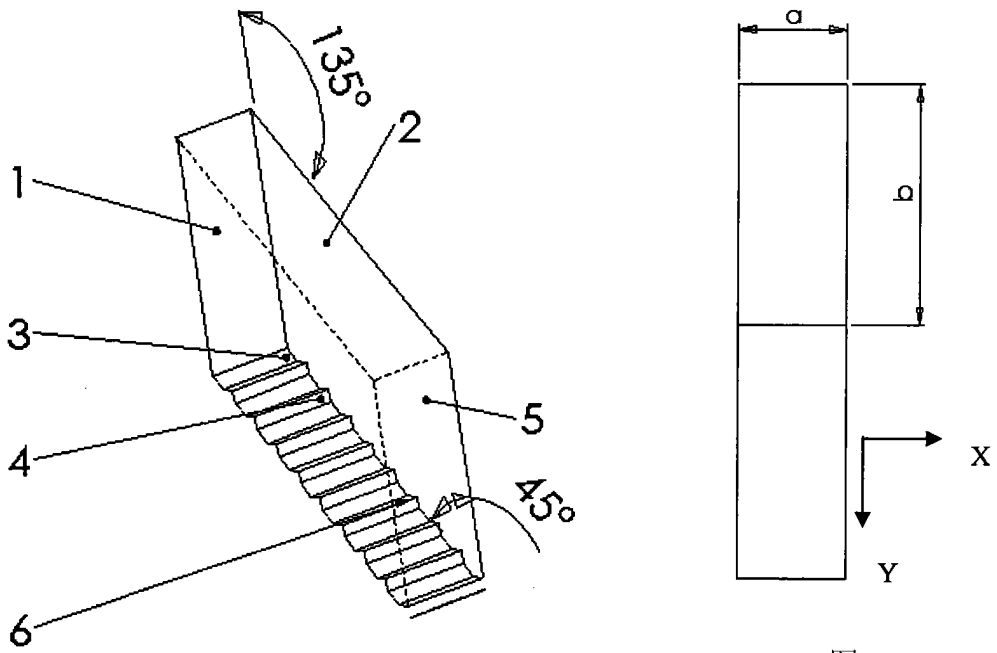


图2

图3a

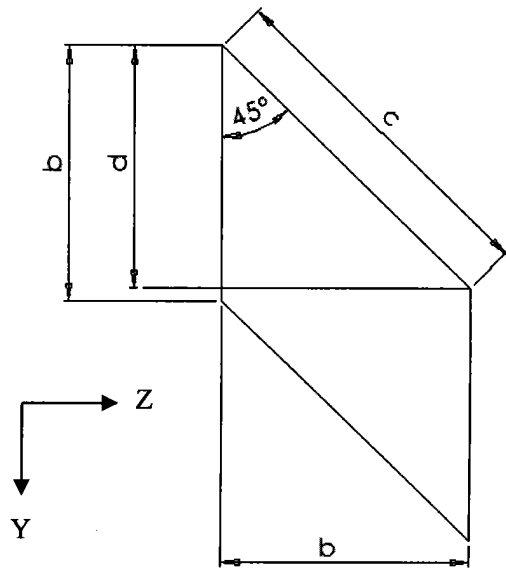


图 3b

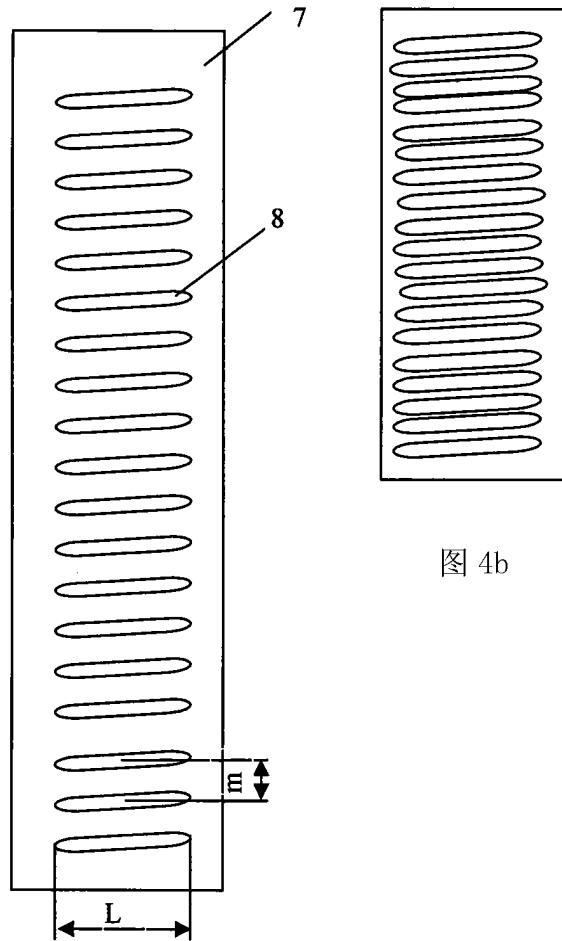


图 4b

图 4a

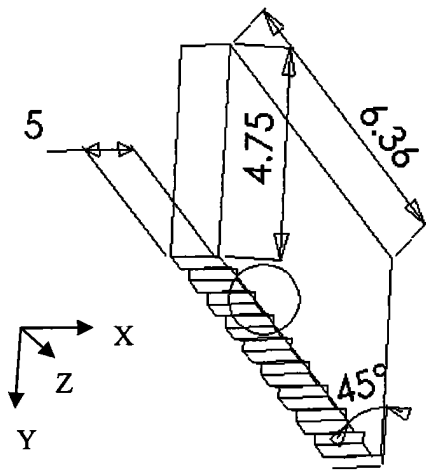


图 5a

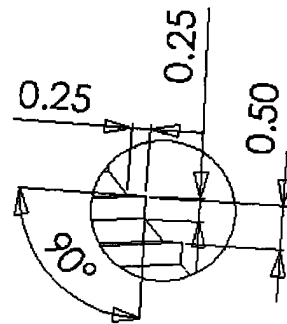


图 5b

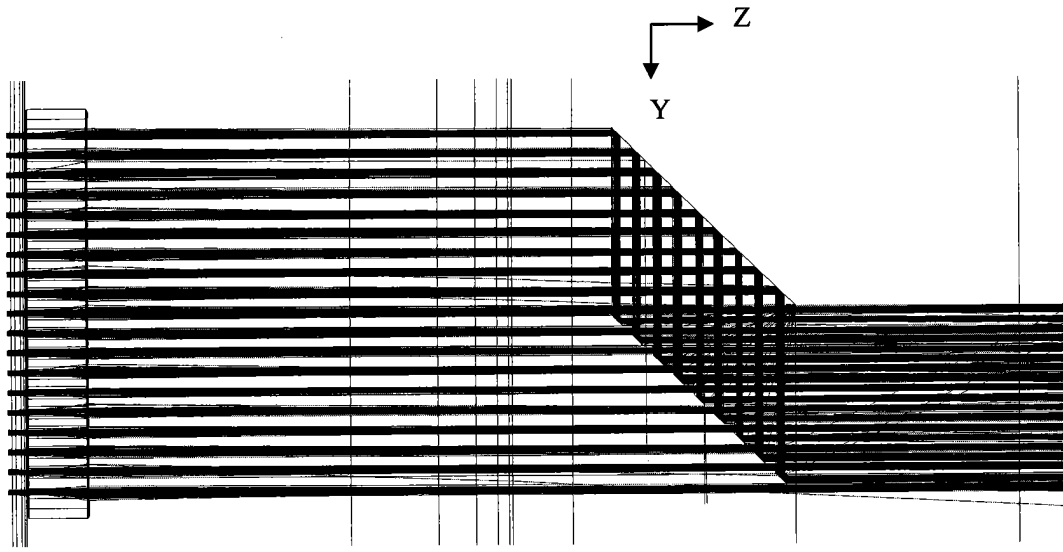


图 6