

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710193511.X

[51] Int. Cl.

B81B 5/00 (2006.01)

H04B 7/00 (2006.01)

H04Q 11/00 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 9 月 10 日

[11] 公开号 CN 101259950A

[22] 申请日 2007.12.10

[21] 申请号 200710193511.X

[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 16 号

[72] 发明人 梁静秋 李小奇 梁中翥 孙德贵
陈 斌

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 南小平

权利要求书 4 页 说明书 8 页 附图 3 页

[54] 发明名称

微光机电系统波长信道选择器制作方法

[57] 摘要

本发明属于光通讯器件技术领域，是一种微光机电系统波长信道选择器的制作方法。本发明包括：(A)基片处理，(B)制作光纤准直器定位模块，(C)制作窄带滤光片定位模块，(D)固定基片左右两侧光纤准直器，(E)固定永磁体，(F)固定可动悬臂阵列，(G)固定窄带滤光片定位模块，(H)固定双面反射棱镜，(I)固定窄带滤光片，(J)固定 V 型槽阵列和信道光纤准直器。本发明制作简单，可以广泛用于集成化波分复用系统中。

1、一种微光机电系统波长信道选择器的制作方法，其特征是：

(A) 基片处理：对基片进行清洁处理，在基片上表面刻蚀出其
它器件结构摆放位置的标记，并在永磁体(2)摆放的位置制作凹坑；

(B) 制作光纤准直器定位模块：在两块完全相同的长方体上制
作半圆形槽，然后把两个半圆形槽对扣，形成一个圆柱通光孔；精确
调整位置之后，把它们粘合在一起；

(C) 制作窄带滤光片定位模块 5：在一块长方体上等间隔打 N
个孔；

(D) 固定基片左右两侧光纤准直器：把光纤准直器定位模块按
照基片上表面刻蚀好的位置标记临时固定，把入射光纤准直器和出射
光纤准直器分别放置在 V 型槽(7-1)、V 型槽(7-2)里，然后分别
置于光纤准直器定位模块两侧的通光孔处，调整它们的位置，当两个
光纤准直器之间的信号插损达到最小值时，把 V 型槽(7-1)、V 型槽
(7-2) 分别固定在基片上表面，移去光纤准直器定位模块；

(E) 固定永磁体：分别把 N 个永磁体固定在基片上表面的凹坑
内，永磁体的上表面要略低于基片上表面；

(F) 固定可动悬臂阵列：把可动悬臂阵列固定在基片上，使它
们自由端内部的铜线圈置于永磁体的正上方，固定端与基片粘接在一
起；

(G) 固定窄带滤光片定位模块：把窄带滤光片定位模块置于基
片上表面，按照基片上刻蚀的摆放标记对准，调整好位置后与基片固
定；

(H) 固定双面反射棱镜：把铝膜反射镜放在窄带滤光片定位模
块处，铝反射面与窄带滤光片定位模块的通光孔紧密接触并临时固
定；将一个双面反射棱镜置于可动悬臂阵列左侧第一个可动悬臂自由
端上表面，精确调节双面反射棱镜位置，使经过它和铝膜反射镜反射
之后的光信号能够被右侧的出射光纤准直器最大限度的接收；当信号
接收效果调整到最佳时，把双面反射棱镜固定在可动悬臂的自由端上

表面；其它双面反射棱镜的固定方法完全相同，固定顺序按照从两边到中间顺序；

(I) 固定窄带滤光片：当所有双面反射棱镜都固定好之后，去掉铝膜反射镜，把窄带滤光片分别置于窄带滤光片定位模块的通光孔处，精确调整他们的位置，当两个光纤准直器之间的插损最小时，固定窄带滤光片；

(J) 固定 V 型槽阵列和信道光纤准直器：把阵列 V 型槽按照基片上表面光刻蚀的标记放置，将光纤准直器分别放置在阵列 V 型槽每个 V 型槽中，使它们分别对准相应的窄带滤光片；分别精确调整他们的位置，当接收的信号达到最佳时，固定阵列 V 型槽和光纤准直器。

2、根据权利要求 1 所述的微光机电系统波长信道选择器的制作方法，其特征是：

(A) 在基片处理中清洗和光刻蚀基片；基片(6)采用单面抛光的单晶硅片，上表面为抛光面，清洁处理的步骤为：1) 以甲苯、丙酮、乙醇等去除油污等有机物，2) 用王水煮沸去除金属离子，3) 用去离子水超声清洗，无水乙醇脱水后烘干；采用负性光刻胶在基片上表面刻蚀出其它元件摆放位置，为下面步骤中光路的对准提供参考；使用机械加工的方法在基片上表面做好的标记位置制作等间距的凹坑，这些凹坑用来摆放永磁体；

(B) 在制作光纤准直器定位模块中，采用的两块完全相同的长方体是硅晶体、玻璃或者金属，通过对表面的打磨使任意相邻表面严格垂直；用干法刻蚀或者机械加工方法分别在它们的相同平面上制作一条平行于该面长边的半圆形槽；该模块的长度由信道的个数来确定，通光孔的半径由光路中光信号的光斑大小决定；

(C) 在制作窄带滤光片定位模块中，选择的任意相邻表面垂直的长方体是硅晶体、玻璃或者金属；在两个长边所形成的两个表面中的一个涂覆光刻胶，防止该面反光；用机械加工或者干法刻蚀方法垂直于该表面等间隔的打孔，打孔之后重新打磨含有小孔的两个表面；孔的数量、位置和具体间隔根据光路的位置和光斑的直径来确定；

(D) 在固定基片左右两端光纤准直器时，把光纤准直器定位模

块按照已经在基片上表面做出的位置标记临时固定,把两个光纤准直器分别固定在两个V型槽里,然后分别置于光纤准直器定位模块两侧的通光孔处,使光纤准直器对准通光孔,光信号从左侧的光纤准直器入射,穿过通光孔被右侧的光纤准直器接收;使用五维调节架精确调整它们的位置,当两个光纤准直器之间的信号插损达到最小值时,把两个V型槽分别粘合在基片上表面,然后去掉光纤准直器定位模块;两个光纤准直器端面之间的距离有信道数量决定;

(E) 在固定永磁体时,把永磁体分别粘合固定在对应的凹坑中;

(F) 在固定可动悬臂阵列时,把可动悬臂阵列平行放置在基片上表面,使它们自由端内部的铜线圈置于永磁体的正上方,悬臂方向与两个光纤准直器间的光路方向垂直;当调整好位置之后,把可动悬臂阵列的固定端下表面与基片上表面粘合,使当处在自然状态时,整个可动悬臂阵列下表面与基片上表面接触;

(G) 在固定窄带滤光片定位模块时,把窄带滤光片定位模块置于基片上表面,每个通光孔的中心线都对准一个可动悬臂的中间线,并且平行于基片上表面;按照基片上表面刻蚀的摆放标记对准,在显微镜下调整好位置后与基片粘合;通光孔距离基片上表面的高度与光路距离基片上表面的高度相同;

(H) 在固定双面反射棱镜时,铝膜平面为远离双面反射棱镜的面,铝膜反射镜的面积能够完全覆盖所有通光孔,使用五维调节架精确调节双面反射棱镜位置,使光信号首先到达双面反射棱镜的第一个反射面,然后反射光信号穿过通光孔到达铝膜反射镜,再次反射之后到达双面反射棱镜的第二个反射面,最后反射光线被右侧光纤准直器最大限度的接收;

(I) 在固定窄带滤光片时,使窄带滤光片的反射面与上一个步骤铝膜反射镜的反射面所在的平面重合,用五维调节架精确调整窄带滤光片的位置;

(J) 在固定V型槽阵列和其余的光纤准直器时,按照步骤(A)中做好的标记,把阵列V型槽固定基片上表面,将光纤准直器分别对准一个窄带滤光片,并接收通过窄带滤光片的光信号;使用五位调节

架精确调节光纤准直器的位置，当接收的信号达到最佳效果时，把光纤准直器粘合在 V 型槽中。

微光机电系统波长信道选择器制作方法

技术领域

本发明属于光通讯器件技术领域，涉及一种对微光机电系统波长信道选择器结构设计的改进，具体地说是一种微光机电系统波长信道选择器的制作方法。

背景技术

波分复用技术已经在光通信领域得到了广泛的应用，光交叉连接（OXC）技术和可动态配置的光分插复用（ROADM）技术都是在波分复用基础上发展起来的关键技术。波长信道选择器作为应用上述关键技术的主要基本器件，具有对不同波长信道进行转换的功能，获得了广泛的关注。

随着制作工艺的进一步成熟，微光机电系统逐渐开始应用在光通信系统中，很多微光机电器件已经应用在光通信网络中。微机械光开关是实现波长选择的关键器件，与传统的波导调制型同类器件相比，微机械光开关具有耦合损耗小、串音干扰低、与工作的波长和偏振态无关，以及不受通讯中所采用的数据格式的限制等优点。

目前，常见的微机械波长信道选择器的结构采用并联方式完成不同波长信道的选择，无论是否需要提取该波长的信道，这种工作方式同时增加了所有信道的损耗，并且可扩展性差。

本发明内容

为解决传统并联结构波长信道选择器一次操作增加所有信道损耗以及不利于扩展的问题，本发明设计出一种基于微机械系统的串联结构波长信道选择器，目的是提供一种能够减小非使用信道损耗并根据所应用系统方便进行信道缩减与扩展的微光机电系统波长信道选

择器的制作方法。这种器件制作简单，可以广泛用于集成化波分复用系统中。

本发明微光机电系统波长信道选择器如图3所示，由N个信道串联构成，N是大于2的自然数，图3只绘出4信道。本发明主要由三个基本的部分组成：信号选择部分、结构支撑部分和外围接收部分。其中，信号选择部分如图4所示，由可动悬臂阵列1，永磁体2，双面反射棱镜3，窄带滤光片4组成；结构支撑部分由窄带滤光片定位模块5，基片6，V型槽7，和阵列V型槽8组成；外围接收部分由入射光纤准直器9，出射光纤准直器10，信道光纤准直器11组成。在器件制作过程中，需要用到光纤准直器定位模块12，它的结构如图1所示，截面可以是圆孔，也可以是正方形孔，最终制成的器件中并不包含这部分，它只是在制作过程中起到辅助作用。

信号选择部分中的双面反射棱镜3固定在可动悬臂阵列1可活动的一端，永磁体2位于可动悬臂阵列1可活动的一端的下方，与双面反射棱镜3相对。窄带滤光片4正对双面反射棱镜3两反射面，使从双面反射棱镜3的一个反射面反射出的光通过窄带滤光片4，经过窄带滤光片4的光在双面反射棱镜3的另一个反射面射出。可动悬臂阵列1、双面反射棱镜3和窄带滤光片4数目相同，分别有N个，排成相同的阵列，与信道光纤准直器11形成N个串联信道。

支撑部分的窄带滤光片定位模块5、V型槽7和阵列V型槽8固定在基片6上，其中阵列V型槽8在基片6的一端，窄带滤光片定位模块5位于V型槽7和阵列V型槽8两者之间。V型槽7位于基片6上，两侧的V型槽7分别用V型槽7-1、V型槽7-2在附图中标出。

外围接收部分的入射光纤准直器9安装在支撑部分的V型槽7-1的槽内，出射光纤准直器10安装在V型槽7-2的槽内。N个信道光纤准直器11分别安装在阵列V型槽8的N个槽内。

信号选择部分的可动悬臂阵列1固定在支撑部分的基片6上，与阵列V型槽8相对的一端，永磁体2置于基片6上表面的凹坑里，窄

带滤光片 4 位于窄带滤光片定位模块 5 的通光孔处。

本发明微光机电系统波长信道选择器的每个信道工作方式完全相同, 在这里我们用器件最左侧的第一信道为例说明。它的信号选择部分由可动悬臂阵列 1 中位于最左侧的第一个可动悬臂、双面反射棱镜 3-1 和窄带滤光片 4 组成, 结构如图 4 所示, 其中光信号 13 不属于器件的一部分。可动悬臂有“闭合”和“断开”两种工作状态, 它的可动端的内部有微结构的铜线圈。当铜线圈中通过某一特定方向的电流时, 电流产生的电磁场与永磁体 2 的电磁场相互吸引, 可动悬臂自由端即可动端紧贴基片表面, 处于“闭合”状态, 双面反射棱镜 3-1 处于光路中, 实现信号选择功能; 当铜线圈中通过相反方向的电流时, 电流产生的电磁场与永磁体 2 的电磁场相互排斥, 可动悬臂自由端与基片 6 表面分离, 处于“断开”状态, 双面反射棱镜 3-1 在光路以外, 所有光信号不经过任何处理继续向下一个信道传输。图 4a 中的可动悬臂处于“闭合”状态, 从左侧入射的光信号 13 传输到双面反射棱镜 3-1 的第一个反射面, 被反射到对应的窄带滤光片 4 上, 某一特定波长光信号 13 通过窄带滤光片 4, 其它波长光信号 13 被窄带滤光片 4 反射回到双面反射棱镜 3-1 的第二个反射面, 经过反射之后继续传向后续的信道。图 4b 可动悬臂处于“断开”状态: 光信号 13 不被双面反射棱镜 3-1 反射, 直接传向后续的信道。当光信号 13 到达下一个信道时, 工作方式与上述过程完全一致。

本发明的波长信道选择器制作步骤如下:

(A) 基片处理: 对基片进行清洁处理, 在基片上表面刻蚀出其它器件结构摆放位置的标记, 并在永磁体 2 摆放的位置制作凹坑。

(B) 制作光纤准直器定位模块: 在两块完全相同的长方体上制作半圆形槽, 或截面为二分之一正方形的槽, 图 1a 以半圆形槽为例显示, 然后把两个槽对扣, 形成一个圆形或正方形通光孔。精确调整位置之后, 把它们粘合在一起如图 1b 所示。

(C) 制作窄带滤光片定位模块 5: 在一块长方体上按照设计的信道间距尺寸等间隔地打 N 个孔, 如图 2 所示。

(D) 固定基片左右两侧光纤准直器：把光纤准直器定位模块按照基片上表面刻蚀好的位置标记临时固定，把入射和出射光纤准直器分别放置在 V 型槽 7-1、V 型槽 7-2 里，然后分别置于光纤准直器定位模块两侧的通光孔处，调整它们的位置，当出射光纤准直器接收的信号达到最大值时，把 V 型槽 7-1、V 型槽 7-2 分别固定在基片上表面。然后去掉光纤准直器定位模块。

(E) 固定永磁体：分别把 N 个永磁体固定在基片上表面的凹坑内。

(F) 固定可动悬臂阵列：把可动悬臂阵列按照基片上表面刻蚀好的位置标记固定在基片上，使它们自由端内部的铜线圈置于永磁体的正上方，固定端与基片粘接在一起。

(G) 固定窄带滤光片定位模块：把窄带滤光片定位模块置于基片上表面，按照基片上刻蚀的摆放标记对准，调整好位置后与基片固定。

(H) 固定双面反射棱镜：把边长分别与窄带滤光片定位模块两长边相同的长方形铝膜反射镜放在窄带滤光片定位模块处，铝反射面面向可动悬臂阵列，并位于窄带滤光片定位模块的远离可动悬臂阵列一面与窄带滤光片定位模块的通光孔紧密接触并临时固定。将一个双面反射棱镜置于可动悬臂阵列左侧第一个可动悬臂自由端上表面，具体位置如图 3 所示。精确调节双面反射棱镜位置，使经过它和铝膜反射镜反射之后的光信号能够被右侧的出射光纤准直器最大限度的接收。当信号接收效果调整到最佳时，把双面反射棱镜固定在可动悬臂的自由端上表面。其它双面反射棱镜的固定方法完全相同，固定顺序按照从两边到中间顺序。

(I) 固定窄带滤光片：当所有双面反射棱镜都固定好之后，去掉铝膜反射镜，把窄带滤光片分别置于窄带滤光片定位模块的通光孔处，精确调整他们的位置，由入射和出射光纤准直器分别发出和接收光信号，当出射光纤准直器接收的信号达到最大值时，固定窄带滤光片。

(J) 固定 V 型槽阵列和信道光纤准直器：把阵列 V 型槽按照基片上表面刻蚀的标记放置，具体位置如图 3 所示。将光纤准直器分别放置在阵列 V 型槽每个 V 型槽中，使它们分别对准相应的窄带滤光片。分别精确调整他们的位置，当接收的信号达到最佳时，固定阵列 V 型槽和光纤准直器。

附图说明

图 1 是光纤准直器定位模块 12 的结构示意图，它由两个半圆形槽对扣在一起组成，其中图 1a 为分解图，图 1b 为整体图。

图 2 是窄带滤光片定位模块 5 的结构示意图，它的任意两个相邻平面严格垂直。图中，14 为通光孔。

图 3 是本发明的结构示意图，其中图 3a 为自然状态下结构，图 3b 为分解图。图中，1 为可动悬臂阵列，2 为永磁体，3 双面反射棱镜，其中 3-1、3-2、3-3 和 3-4 为线性排列的四个相同的双面反射棱镜，4 为窄带滤光片，5 为窄带滤光片定位模块，6 为基片，7-1、7-2 为 V 型槽，8 为阵列 V 型槽，9 为入射光纤准直器，10 为出射光纤准直器，11 信道光纤准直器，其中 11-1、11-2、11-3 和 11-4 为顺序排列的四个相同信道光纤准直器。

图 4 为本发明单独一个信道的工作过程图。图 4a 表示该信道处于“闭合”状态，图 4b 表示该信道处于“断开”状态。图中 13 为器件中传输的光信号，不属于本发明器件的一部分。

具体实施方式

本发明的信号选择部分和外围接收部分都固定在结构支撑部分上，具体位置如下：永磁体 2 位于基片 6 上表面的凹坑里；可动悬臂阵列 1、窄带滤光片定位模块 5、V 型槽 7-1、7-2 和阵列 V 型槽 8 都固定在基片 6 上表面；窄带滤光片 4 位于窄带滤光片定位模块 5 的通光孔处；N 个双面反射棱镜 3 分别位于可动悬臂阵列 1 自由端上表面，并与之固定；入射光纤准直器 9 和出射光纤准直器 10 分别固定在 V 型槽 7-1 和 7-2 中，N 个信道光纤准直器 11 分别固定在阵列 V 型槽 8 的各个槽中。

图 3 给出了本发明的一个具体实施例，由四个信道构成的串联结

构波长信道选择器。如图 3 所示, 它由可动悬臂阵列 1, 永磁体 2, 双面反射棱镜 3-1、3-2、3-3 和 3-4, 窄带滤光片 4, 窄带滤光片定位模块 5, 基片 6, V 型槽 7-1 和 7-2, 阵列 V 型槽 8, 入射光纤准直器 9, 出射光纤准直器 10 和信道光纤准直器 11-1、11-2、11-3 和 11-4 组成。永磁体 2 位于基片 6 上表面的凹坑里, 位于可动悬臂阵列 1 自由端的正下方; 可动悬臂阵列 1, 窄带滤光片定位模块 5, V 型槽 7-1 和 7-2 以及阵列 V 型槽 8 都固定在基片 1 上表面, 它们的下表面与基片上表面相接触并粘合; 窄带滤光片 4 固定在窄带滤光片定位模块 5 的各个通光孔处; 双面反射棱镜 3-1、3-2、3-3 和 3-4 分别位于可动悬臂阵列 1 自由端上表面, 并与之粘合; 入射光纤准直器 9 和出射光纤准直器 10 分别固定在 V 型槽 7-1 和 7-2 中, 信号光纤准直器 11-1、11-2、11-3 和 11-4 固定在阵列 V 型槽 8 中。在自然状态时, 基片 6 上表面与可动悬臂阵列 1 自由端的下表面严密接触。

以下详细说明本发明的制作过程。

(A) 清洗和光刻蚀基片: 本发明所用的基片 6 采用单面抛光的单晶硅片, 上表面为抛光面, 清洁处理的步骤为: 1) 以甲苯、丙酮、乙醇等去除油污等有机物; 2) 用王水煮沸去除金属离子; 3) 用去离子水超声清洗, 无水乙醇脱水后烘干。溅射 500nm 二氧化硅薄膜, 光刻并腐蚀二氧化硅, 在基片上表面刻蚀出其它元件摆放位置, 为下面步骤中光路的对准提供参考。使用机械加工的方法在基片上表面做好的标记位置制作等间距的凹坑, 这些凹坑用来摆放永磁体。

(B) 制作光纤准直器定位模块: 采用两块完全相同的长方体, 可以是硅晶体、玻璃或者金属, 通过对表面的打磨使任意相邻表面严格垂直。用干法刻蚀或者机械加工方法分别在它们的相同平面上制作一条平行于该面长边的截面为半圆形或二分之一正方形的槽。然后把两个槽紧密对扣, 形成一个圆柱型或长方体型通光孔。精确调整位置之后, 把它们粘合在一起。该模块的长度由本发信道个数来确定, 通光孔的截面尺寸由光路中光信号的光斑大小决定。

(C) 制作窄带滤光片定位模块: 选择一块任意相邻表面垂直的

长方体，可以是硅晶体、玻璃或者金属。在两个长边所形成的两个表面中的一个涂覆光刻胶，防止该面反光。用机械加工或者干法刻蚀方法垂直于该表面等间隔打孔。打孔之后重新打磨含有小孔的两个表面。孔的数量、位置和具体间隔根据光路的位置和光斑的直径来确定。

(D) 固定基片左右两端光纤准直器：把光纤准直器定位模块按照已经在基片上表面做出的位置标记临时固定，把两个光纤准直器分别固定在两个 V 型槽里，然后分别置于光纤准直器定位模块两侧的通光孔处，使光纤准直器对准通光孔，光信号从左侧的光纤准直器入射，穿过通光孔被右侧的光纤准直器接收。使用五维调节架精确调整它们的位置，当两个光纤准直器之间的信号插损达到最小值时，把两个 V 型槽分别粘合在基片上表面。然后去掉光纤准直器定位模块。两个光纤准直器端面之间的距离有信道数量决定。

(E) 固定永磁体：把永磁体分别放置在对应的凹坑中并粘合固定。永磁体的上表面要略低于基片上表面。

(F) 固定可动悬臂阵列：把可动悬臂阵列平行放置在基片上表面，使他们自由端内部的铜线圈置于永磁体的正上方，悬臂方向与两个光纤准直器间的光路方向垂直，具体位置如图 3 所示。当调整好位置之后，把可动悬臂阵列的固定端下表面与基片上表面粘合。当处在自然状态时，整个可动悬臂阵列下表面与基片上表面接触。

(G) 固定窄带滤光片定位模块：把窄带滤光片定位模块置于基片上表面，每个通光孔的中心线都对准一个可动悬臂的中间线，并且平行于基片上表面。按照基片上表面刻蚀的摆放标记对准，在显微镜下调整好位置后与基片粘合。通光孔距离基片上表面的高度与光路距离基片上表面的高度相同

(H) 固定双面反射棱镜：把一个铝膜平面反射镜放在窄带滤光片定位模块处，铝反射面与窄带滤光片定位模块的通光孔所在的面紧密接触并临时固定，该面为远离双面反射棱镜的面。铝膜反射镜的面积能够完全覆盖所有通光孔。将一个双面反射棱镜置于可动悬臂阵列左侧第一个可动悬臂自由端上表面，具体位置如图 3 所示。使用五维

调节架精确调节双面反射棱镜位置,使光信号首先到达双面反射棱镜的第一个反射面,然后反射光信号穿过通光孔到达铝膜反射镜,再次反射之后到达双面反射棱镜的第二个反射面,最后反射光线被右侧光纤准直器最大限度的接收。当信号接收效果调整到最佳时,把双面反射棱镜下表面粘合在可动悬臂的自由端上表面。其它双面反射棱镜的固定方法完全相同,按照从两边到中间顺序进行。

(I) 固定窄带滤光片:当所有双面反射棱镜都固定好之后,去掉铝膜反射镜,把窄带滤光片分别置于窄带滤光片定位模块的通光孔处,使它们的反射面与上一个步骤铝膜反射镜的反射面所在的平面重合。使用五位调节架精确调整他们的位置,当两个光纤准直器之间的插损最小时,把窄带滤光片的侧壁与通光孔所在的平面粘合。

(J) 固定 V 型槽阵列和其余的光纤准直器:按照步骤(A)中做好的标记,把 V 型槽阵列固定基片上表面,具体位置如图 3 所示。将光纤准直器分别放置在各个 V 型槽中,使它们分别对准一个窄带滤光片,并接收通过窄带滤光片的光信号。使用五位调节架精确调节光纤准直器的位置,当接收的信号达到最佳效果时,把光纤准直器粘合在 V 型槽中。

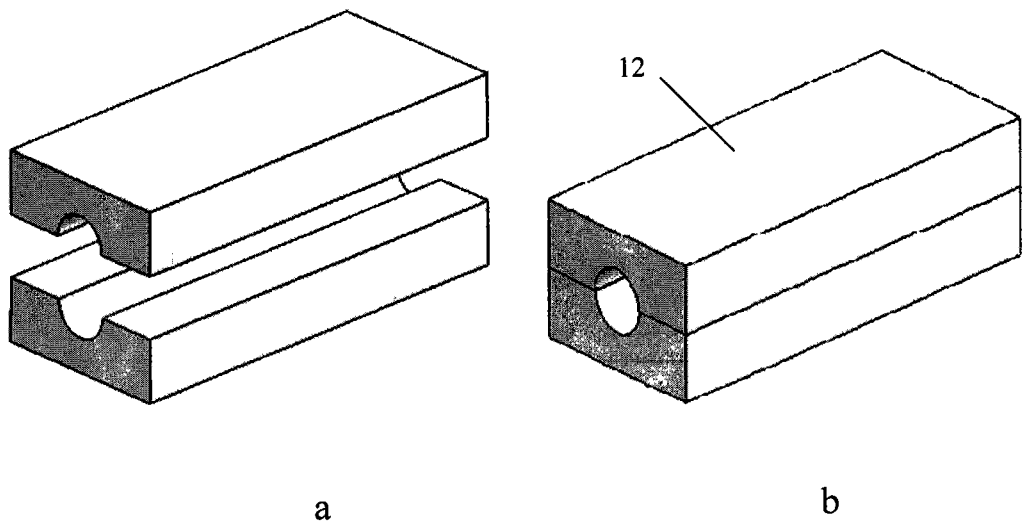


图 1

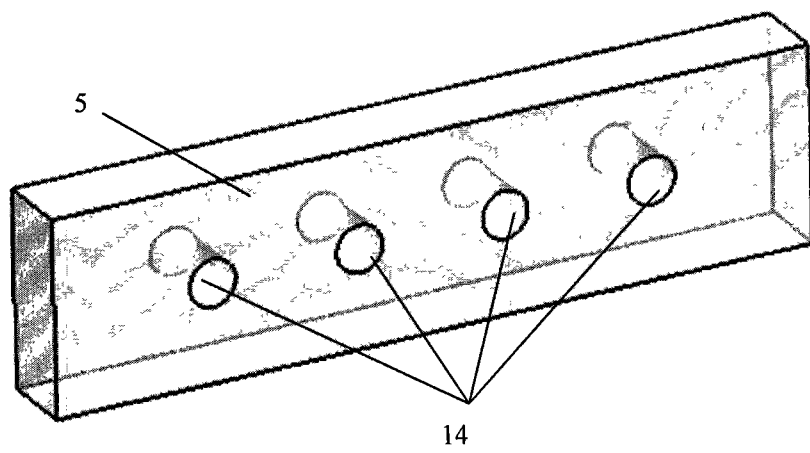
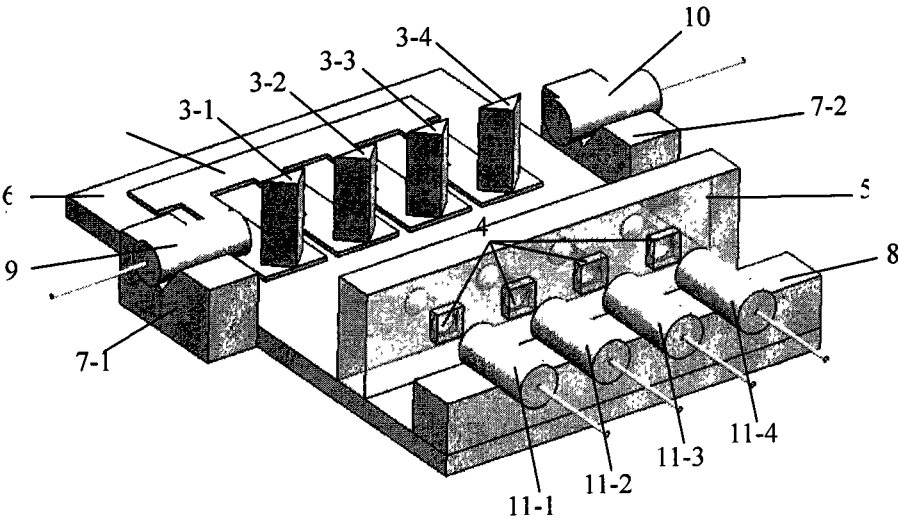
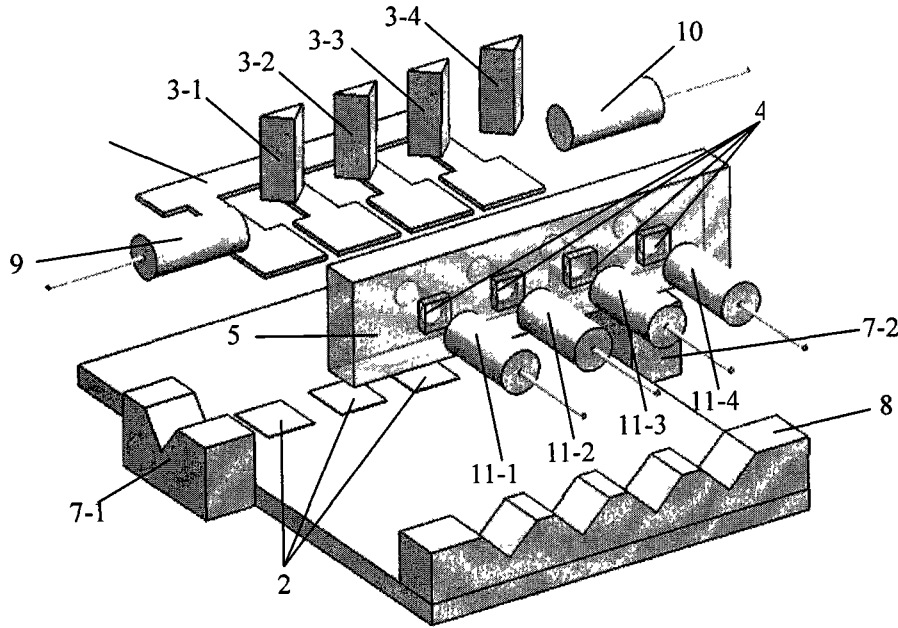


图 2



a



b

图 3

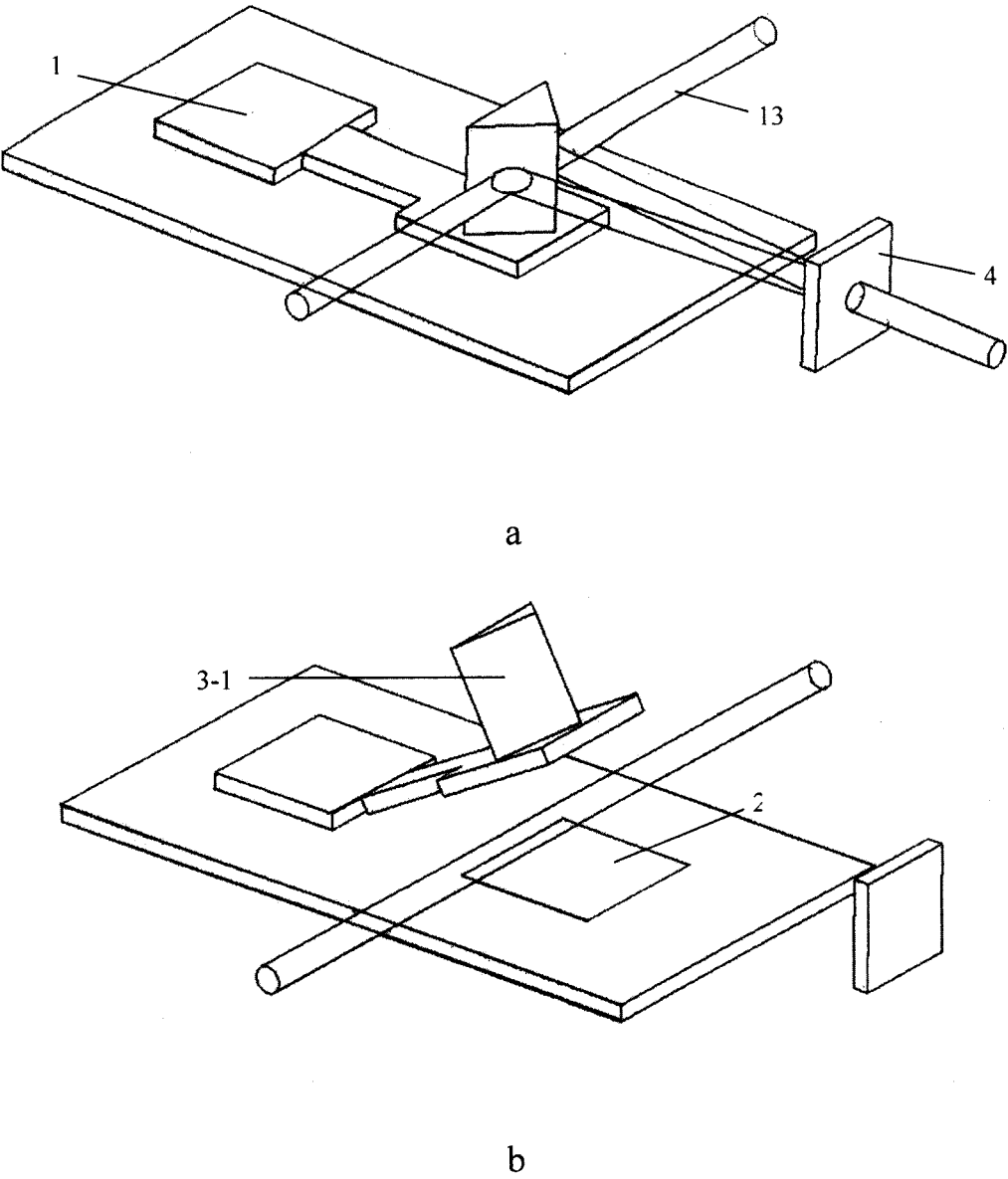


图 4