

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H05K 3/04 (2006.01)

H05K 3/42 (2006.01)

B23K 26/36 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910063179.4

[43] 公开日 2009年12月23日

[11] 公开号 CN 101610643A

[22] 申请日 2009.7.14

[21] 申请号 200910063179.4

[71] 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

[72] 发明人 段军 李祥友 王泽敏 胡乾午
曾晓雁

[74] 专利代理机构 华中科技大学专利中心
代理人 曹葆青

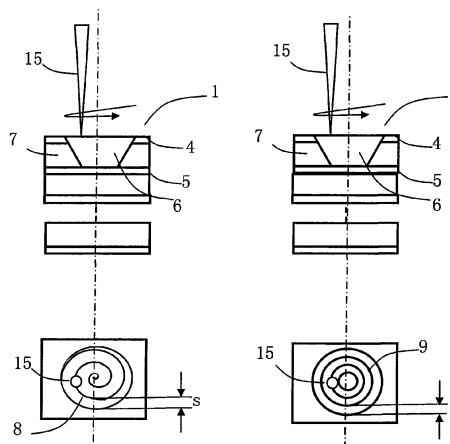
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

[54] 发明名称

一种激光加工盲孔的方法

[57] 摘要

本发明公开了一种激光加工盲孔的方法，该方法将定点 UV 激光脉冲与 UV 激光螺旋线或同心圆扫描相结合，对多层电路板进行一阶盲孔或多阶盲孔加工。该方法是将 UV 激光钻盲孔过程划分为两部分，即：盲孔圆心附近面积不大于 UV 激光光斑直径部分和面积大于 UV 激光光斑直径以外部分。通过采用定点 UV 激光脉冲钻盲孔去除圆心附近面积不大于 UV 激光光斑直径区域材料，然后，采用 UV 激光螺旋线或同心圆扫描方法向外运动去除圆心附近区大于 UV 激光光斑直径以外的材料，直到设定的盲孔尺寸为止，并通过两步或更多步进行紫外激光钻一阶盲孔或多阶盲孔加工。该方法可以确保每个盲孔加工质量的一致性，大幅度降低盲孔底部不平度，还可改善盲孔加工边缘质量。



1、一种激光加工盲孔的方法，其特征在于：对于 n 阶盲孔， n 为正整数， i 用于表示铜层和绝缘层序号，令 $i=1$ ，其处理步骤包括：

第 1 步 采用定点紫外激光脉冲钻盲孔方式对中心区域进行处理，去除中心区域的第 i 铜层和第 i 绝缘层上部的材料，所述中心区域以盲孔中心为圆心，其直径小于等于紫外激光光斑的直径；所述中心区域的第 i 绝缘层上部的厚度小于整个第 i 绝缘层厚度的三分之二；

第 2 步 采用紫外激光螺旋线或同心圆扫描方式向外运动、对所述中心区域的外围区域的第 i 铜层和第 i 绝缘层上部的材料进行处理，去除外围区域的第 i 铜层和第 i 绝缘层上部的材料，直到设定的盲孔直径为止；所述外围区域的第 i 绝缘层上部的厚度小于整个第 i 绝缘层厚度的三分之二；

第 3 步 采用定点紫外激光脉冲钻盲孔方式去除所述中心区域剩余的 第 i 绝缘层材料；

第 4 步 采用紫外激光螺旋线或同心圆扫描方式向外运动去除所述外围区域剩余的 第 i 绝缘层材料；

第 5 步 判断 i 是否小于 n ，如果是，令 $i=i+1$ ，转入第 1 步，否则结束。

2、根据权利要求 1 所述的激光加工盲孔的方法，其特征在于：第 1 步中，所述中心区域的第 i 绝缘层上部的厚度小于整个第 i 绝缘层厚度的三分之一；第 2 步中，所述外围区域的第 i 绝缘层上部的厚度小于整个第 i 绝缘层厚度的三分之一。

一种激光加工盲孔的方法

技术领域

本发明属于激光加工应用技术领域，具体涉及一种激光钻盲孔方法。

背景技术

随着电子产品朝着便携式、小型化和功能的多样化方向发展，印刷电路板（PCB）的制作尺寸越来越小，从而对电路板小型化提出了越来越高的需求。提高电路板小型化的关键之一是不同的层面线路之间越来越小的微型盲孔，满足制作成高密度互连和超高密度互连印刷电路板要求。为了有效地保证各层间的电气连接以及外部器件的固定，在高速和高密度的 PCB 设计时，希望盲孔越小越好，这样不仅可以缩小 PCB 的尺寸，而且盲孔越小，越适合用于高速电路。另一方面，微型盲孔不仅提供了表面安装器件与下面信号面板之间的高速连接，而且可使 PCB 向高密度互连技术为主体的积层化和多功能化特征方向发展，并进一步有效地减小其面积。目前微细孔的费用通常占 PCB 制板费用的 30%-40%。传统的机械钻机直接钻盲孔技术存在一些问题需要解决，取而代之的是激光微型盲孔加工方式。

激光钻盲孔主要集中在采用二氧化碳（CO₂）激光和紫外（UV）激光两种方法，这两种方式约占到微孔加工的 85%左右。但 CO₂ 激光只能加工 PCB 板中的树脂和玻璃纤维布等非金属材料，不可直接对铜层进行加工，必须对铜层表面进行特殊黑化处理或开窗口才能进行盲孔加工，流程较长，制作工艺成本高，并且，CO₂ 激光是以热加工形式去除材料，无法避免烧焦碳化现象，加工质量较差。而 UV 激光由于波长短，聚焦光斑小，能量剪度高，能直接熔化和蒸发铜层和树脂玻璃布或聚酰亚胺绝缘材料，无需采用其它方就可直接对铜层和绝缘材料进行加工，除去铜层和绝缘材料形成小孔，所以，具有工艺程序简单，流程短和效率高的优势，而且具有盲孔

尺寸可达到 $10\mu\text{m}$ 直径，精度可达 $1\mu\text{m}$ 精度的钻孔能力。另外，目前柔性电路板（FCB）的绝缘基板均是由聚酰亚胺材料构成，UV 激光与其相互作用具有“冷加工”的特点，可获得无烧焦碳化的高质量加工。因此，紫外激光在钻孔上的应用随着电子工业微细化的趋势越来越受到重视。

多层电路板 1 均由多层铜层 2 和多层绝缘材料 3 交替碾压构成（见图 1 所示），顶层和最底层均为铜层。紫外激光对多层电路板 1 钻盲孔一般有钻一阶盲孔（去除第一铜层和第一绝缘层，保留第二铜层）、二阶盲孔（去除第一、二铜层和第一、二绝缘层，保留第三铜层）或二阶以上的多阶盲孔加工工艺。为简单起见，以紫外激光钻一阶盲孔为例进行论述。目前，UV 激光钻盲孔的方法有如下三种：定点脉冲（单脉冲或多脉冲钻孔）、螺旋线和同心圆钻盲孔方法。激光定点脉冲方法（如图 2 所示）是 UV 激光束不动，采用单脉冲 11（如图 2a 所示）或多脉冲 12（如图 2b 所示）去除多层电路板 1 的表面第一铜层 4 和第一绝缘层 7 的材料（由树脂玻璃纤维布或聚酰亚胺构成），而保留第二铜层 5 形成了盲孔 6。该方法主要应用于盲孔直径尺寸不大于与 UV 激光聚焦光斑尺寸的钻盲孔方法，但该方法的盲孔加工边缘质量较差，具有较厚的金属重铸层和较大的孔壁锥度。

对于孔径尺寸大于激光聚焦光斑的盲孔，则必须采用螺旋线和同心圆钻盲孔方法（见图 3 所示）。螺旋激光钻盲孔方法是 UV 激光束 15 从预加工盲孔径的圆心出发，以螺线轨迹 8 和扫描间距为 s 的方式向外运动，扫描整个预加工孔径（见图 3a 所示）去除第一铜层 4 和第一绝缘层材料 7，保留第二铜层 5 形成了盲孔 6。同心圆 UV 激光钻盲孔方法是 UV 激光束 15 从预加工孔径的圆心出发，以同心圆轨迹 9 和扫描间距为 s 的方式向外运动，扫描整个预加工孔径（见图 3b 所示）去除表面第一铜层 4 和第一绝缘层 7 的材料，保留第二铜层 5 形成了盲孔 6。但目前螺旋线和同心圆这两种 UV 激光钻盲孔方法存在如下缺陷：

（1）UV 激光束在圆心附近区移动时，由于移动轨迹尺寸太小，无论是扫描振镜移动 UV 激光束还是工作平台移动被加工工件，都会导致 UV 激光束扫描轨迹失真和扫描速度的下降，造成盲孔加工质量的不一致性。

(2) 由于 UV 激光束扫描速度在圆心附近区的下降, 将导致在距离圆心附近区域积累的热效应要比周边的大, 导致盲孔圆心附近区域的刻蚀深度也大于周边, 相差一般大于 20 微米, 造成盲孔底部不平度增加。当周边的绝缘体去除干净, 底部中心部分的铜层就会损坏, 严重时达到下一导电层, 盲孔被电镀铜后, 整块线路板的电气导通特性错误导致报废, 尤其是对孔底厚度小于 20 微米的铜层。如果确保底部中心部分的铜层不会损坏, 则盲孔底周围部分就会有残留绝缘材料存在, 导致电镀铜与孔底铜层接触面积小, 附着强度差, 在后续加工和使用中可能造成因电镀铜层断裂和脱落引起的导通不良, 导致激光微盲孔加工失败。

发明内容

为了解决以上问题, 本发明提供了一种激光加工盲孔的方法, 该方法可以确保每个盲孔加工质量的一致性, 大幅度降低盲孔底部不平度, 还可改善盲孔加工边缘质量。

本发明提供的激光加工盲孔的方法, 其特征在于: 对于 n 阶盲孔, n 为正整数, i 用于表示铜层和绝缘层序号, 令 $i=1$, 其处理步骤包括:

第 1 步 采用定点紫外激光脉冲钻盲孔方式对中心区域进行处理, 去除中心区域的第 i 铜层和第 i 绝缘层上部的材料, 所述中心区域以盲孔中心为圆心, 其直径小于等于紫外激光光斑的直径; 所述中心区域的第 i 绝缘层上部的厚度小于整个第 i 绝缘层厚度的三分之二;

第 2 步 采用紫外激光螺旋线或同心圆扫描方式向外运动、对所述中心区域的外围区域的第 i 铜层和第 i 绝缘层上部的材料进行处理, 去除外围区域的第 i 铜层和第 i 绝缘层上部的材料, 直到设定的盲孔直径为止; 所述外围区域的第 i 绝缘层上部的厚度小于整个第 i 绝缘层厚度的三分之二;

第 3 步 采用定点紫外激光脉冲钻盲孔方式去除所述中心区域剩余的第 i 绝缘层材料;

第 4 步 采用紫外激光螺旋线或同心圆扫描方式向外运动去除所述外

围区域剩余的第 i 绝缘层材料；

第 5 步 判断 i 是否小于 n ，如果是，令 $i=i+1$ ，转入第 1 步，否则结束。

与常规的 UV 激光钻盲孔相比，本发明提供的方法巧妙地将定点紫外激光脉冲与紫外激光螺旋线或同心圆扫描相结合，加工直径大于激光光斑直径的盲孔，有效地解决了现有技术存在的问题。具体而言，本发明提供的方法具有如下优点：

(1) 采用定点激光脉冲去除盲孔圆心附近部分铜层和绝缘材料，避免了螺旋线或同心圆激光钻盲孔方法中必须要 UV 激光束在盲孔圆心附近区扫描的要求，从而消除激光束在圆心附近区的扫描轨迹失真和扫描速度的下降问题，可以确保每个盲孔加工质量的一致性。

(2) 通过 UV 激光定点激光脉冲和 UV 激光螺旋线或同心圆扫描加工参数的分别调节，可获得优化参数组合，大幅度降低盲孔底部不平度，从而提高激光钻盲孔质量和成功率。

(3) 该方法还可改善盲孔加工边缘质量，获得较薄的重铸层和垂直孔壁。

附图说明

图 1 是多层电路板结构示意图；

图 2 是激光定点脉冲方法的示意图；

图 3a、3b 分别是螺旋线和同心圆钻盲孔方法的示意图；

图 4a、4b 分别是定点 UV 激光脉冲与 UV 激光螺旋线或同心圆扫描相结合的盲孔加工方法的第一、二步示意图；

图 5a、5b 分别是定点 UV 激光脉冲与 UV 激光螺旋线或同心圆扫描相结合的盲孔加工方法的第三、四步示意图。

具体实施方式

本发明采用定点UV激光脉冲与UV激光螺旋线或同心圆扫描相结合的盲孔加工方法，用于钻盲孔直径大于激光光斑直径的盲孔以及对多层电路板1进行一阶盲孔、二阶盲孔或二阶以上的多阶盲孔加工。该方法是将UV激光钻盲孔过程划分为两部分，既：盲孔圆心附近面积不大于UV激光光斑直径部分（即中心区域）和面积大于UV激光光斑直径以外部分（即外围区域）。通过采用定点UV激光脉冲钻盲孔去除圆心附近面积不大于UV激光光斑直径区域材料，然后，采用UV激光螺旋线或同心圆扫描方法向外运动去除圆心附近区大于UV激光光斑直径以外的材料，直到设定的盲孔尺寸为止，并通过两步或更多步进行紫外激光钻一阶盲孔或多阶盲孔加工。定点UV激光脉冲和UV激光螺旋线或同心圆扫描加工参数均可分别调节。

如图3所示，本发明方法包括四步，第一步和第二步如图4所示，第一步是将UV激光聚焦在被钻盲孔工件1的第一铜层4的表面上，聚焦光斑直径为 d ，采用UV激光定点脉冲25（单脉冲或多脉冲），去除盲孔圆心附近部分（即中心区域）的表面第一铜层4和部分第一绝缘层7的材料，形成微孔12（如图4a所示）。去除材料面积14等于激光束的聚焦直径 d ，激光刻蚀的深度取决于激光脉冲能量密度和频率，但表面第一铜层4必须全部除去，而第一绝缘层7材料除去量一般小于整个绝缘层厚度的三分之二。第二步再将UV激光束25的聚焦中心移到离被钻盲孔圆心为 d 的距离（见图4b所示），开始以螺旋线或同心圆向外运动的扫描方法去除圆心附近区以外（即外围区域）的表面铜层4和部分第一绝缘层7材料，形成微孔20，直到所设定的盲孔直径 D_0 ，形成直径等于盲孔直径的微孔30（如图4b所示）。激光刻蚀的深度取决于激光脉冲能量密度、频率和扫描速度以及扫描间距，同样，表面铜层4必须全部除去。第一步和第二步中对第一绝缘层7材料的处理厚度可以相等，也可以不等，但其除去量都必须控制在整个绝缘层厚度的三分之二以内。当除去量都控制在整个第一绝缘层厚度的三分之一以内时，盲孔的质量更佳。

第三、第四步如图5所示，第三步 UV激光聚焦平面正离焦（激光焦

点位于被加工材料 1 的上方),采用 UV 激光定点脉冲 25 (单脉冲或多脉冲) 去除盲孔圆心附近部分剩余的绝缘材料 7, 直到第二铜层 5 为止, 形成微孔 15 (图 5a 所示), 将盲孔圆心附近部分剩余的绝缘材料 7 去除干净, 留出第二铜层 5 的表面。去除材料面积 16 等于激光束的离焦直径 D 。第四步再将激光束 25 的聚焦中心移到离被钻盲孔圆心为 D 的距离 (见图 5b 所示), 开始以螺旋线或同心圆向外运动的扫描方法去除圆心附近区以外剩余的绝缘材料 7, 直到所设定的盲孔直径 D_0 , 最终获得设计所需尺寸和质量的一阶盲孔 35 (如图 5b 所示)。

第三、第四步也可以采用激光聚焦平面为零或负离焦 (激光焦点位于被加工材料 1 的内部) 进行将剩余的绝缘材料 7 去除干净, 留出第二铜层 5 的表面。

本发明方法同样可钻二阶或二阶以上盲孔。当 n 大于等于 2 时, 对于 n 阶盲孔, 按照第 1 步至第 4 步的过程, 依次对第 2 至第 n 铜层和绝缘层的材料进行处理, 直至仅保留第 $n+1$ 层铜层。

实例 1:

本发明采用了美国光波公司制作的 Awave-355-8W-25K 型号全固态调 Q 紫外激光器, 输出波长为 355nm, 平均功率从 0 到 10 瓦, 频率设定为 80kHz, 对结构为 4 层铜层 (厚度为 18 微米) 和 3 层由聚酰亚胺和环氧树脂粘合剂组成的绝缘材料 (厚度为 50 微米) 相互交替碾压而成的柔性电路板 (FCB) 进行钻直径为 200 微米的一阶盲孔加工。采用的紫外激光钻盲孔的加工参数见表一所示。采用本发明获得的盲孔的边缘垂直度几乎为 90° , 铜层重铸层小于 0.89 微米, 盲孔底部铜层表面粗糙度为 1.063 微米。

表一

步骤	钻孔方式	光斑直径 (μm)	能量密度 (J/cm^2)	脉冲 次数	扫描速度 (mm/s)	离焦量 (mm)	扫描间距 (μm)
第一步	定点脉冲	30	6.5	20		0	

第二步	同心圆扫描	30	6.5		100	0	8
第三步	定点脉冲	52	1.75	16		0.3	
第四步	同心圆扫描	52	1.75		100	0.3	13

实例 2:

本发明采用了美国光波公司制作的 Awave-355-8W-25K 型号全固态调 Q 紫外激光器，输出波长为 355nm，平均功率从 0 到 10 瓦，频率设定为 80kHz，对结构为 4 层铜层（厚度为 35 微米）和 3 层由聚酰亚胺和环氧树脂粘合剂组成的绝缘材料（厚度为 75 微米）相互交替碾压而成的柔性电路板（FCB）进行钻直径为 100 微米的一阶盲孔加工。采用的紫外激光钻盲孔的加工参数见表二所示。采用本发明获得的盲孔的边缘垂直度为 80°左右，铜层重铸层为 0.95 微米，盲孔底部铜层表面粗糙度为 1.89 微米。

表二

步骤	钻孔方式	光斑直径 (μm)	能量密度 (J/cm^2)	脉冲 次数	扫描速度 (mm/s)	离焦量 (mm)	扫描间距 (μm)
第一步	定点脉冲	30	10.9	18		0	
第二步	同心圆扫描	30	10.9		100	0	10
第三步	定点脉冲	55	2.1	10		0.4	
第四步	同心圆扫描	55	2.1		100	0.4	15

本发明不仅局限于上述具体实施方式，本领域一般技术人员根据本发明公开的内容，可以采用其它多种具体实施方式实施本发明，因此，凡是采用本发明的设计结构和思路，做一些简单的变化或更改的设计，都落入本发明保护的范围。

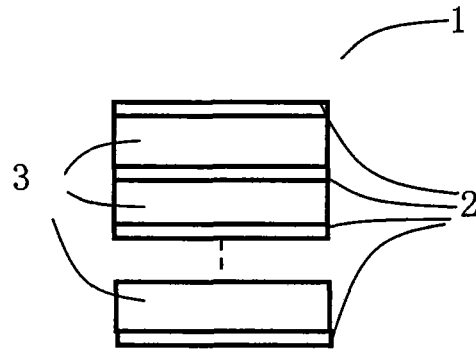


图 1

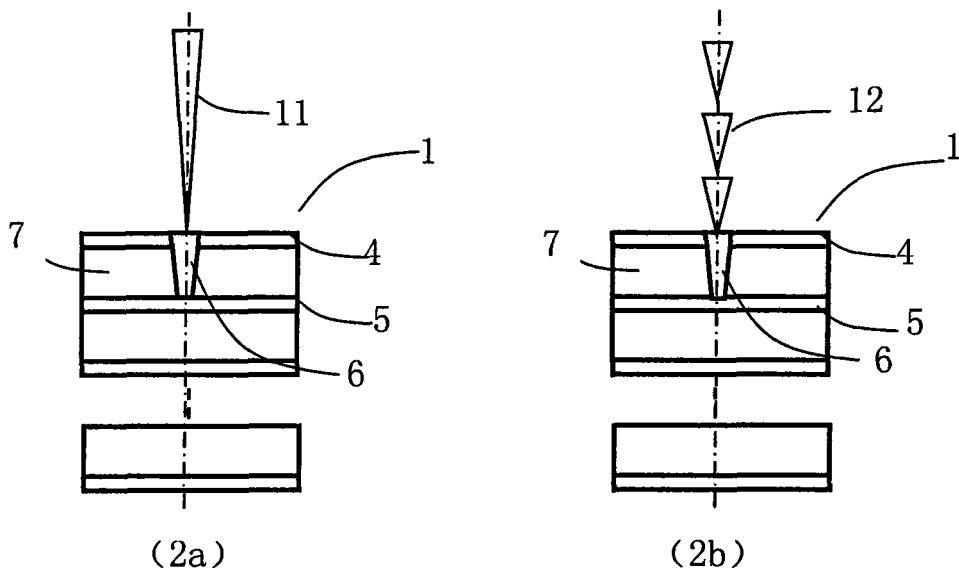


图 2

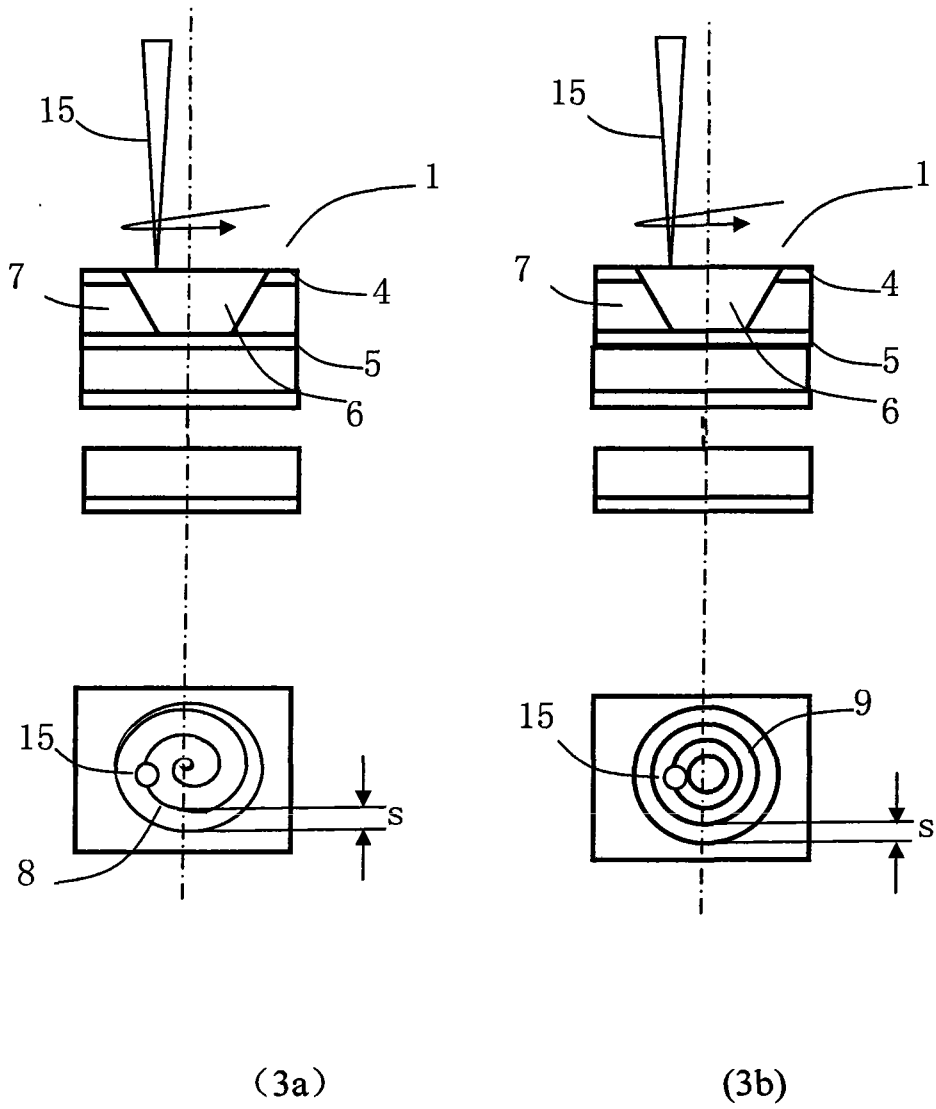


图 3

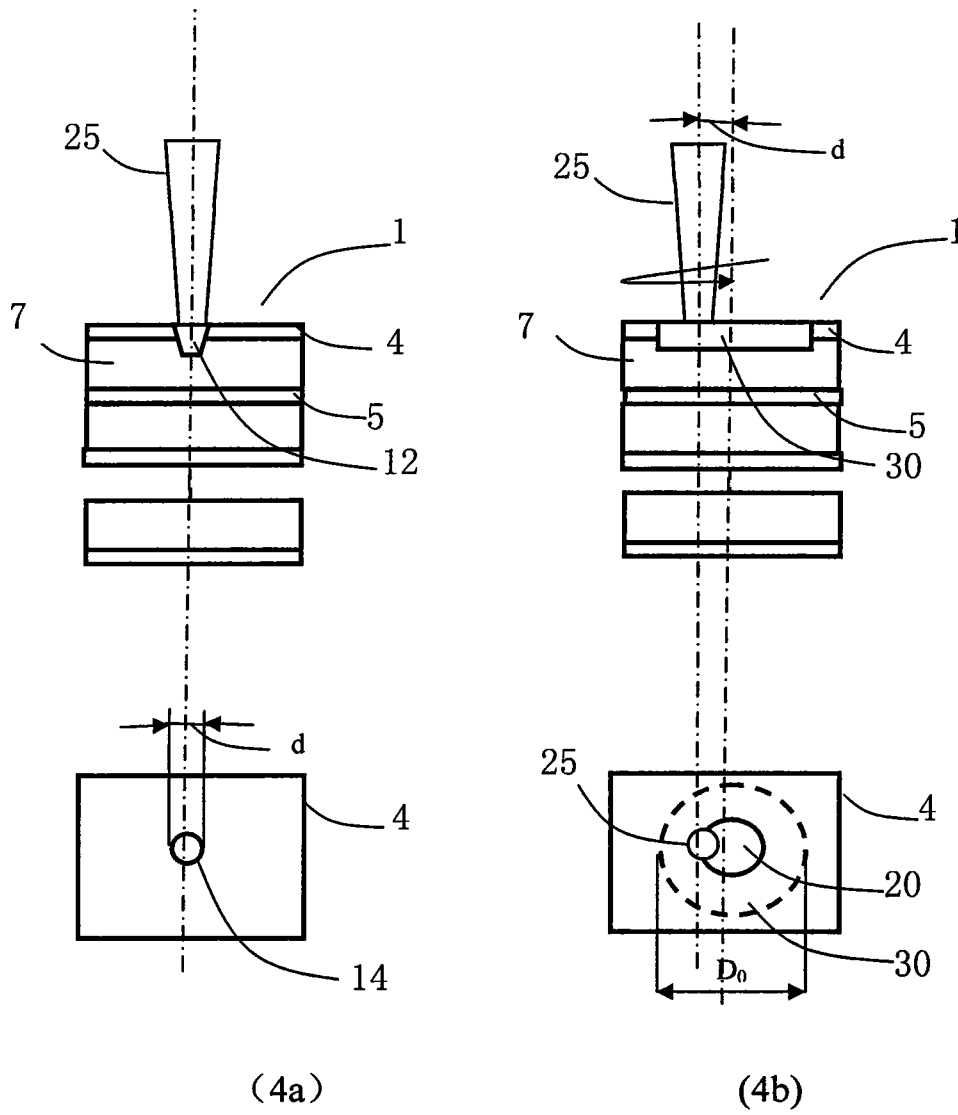


图 4

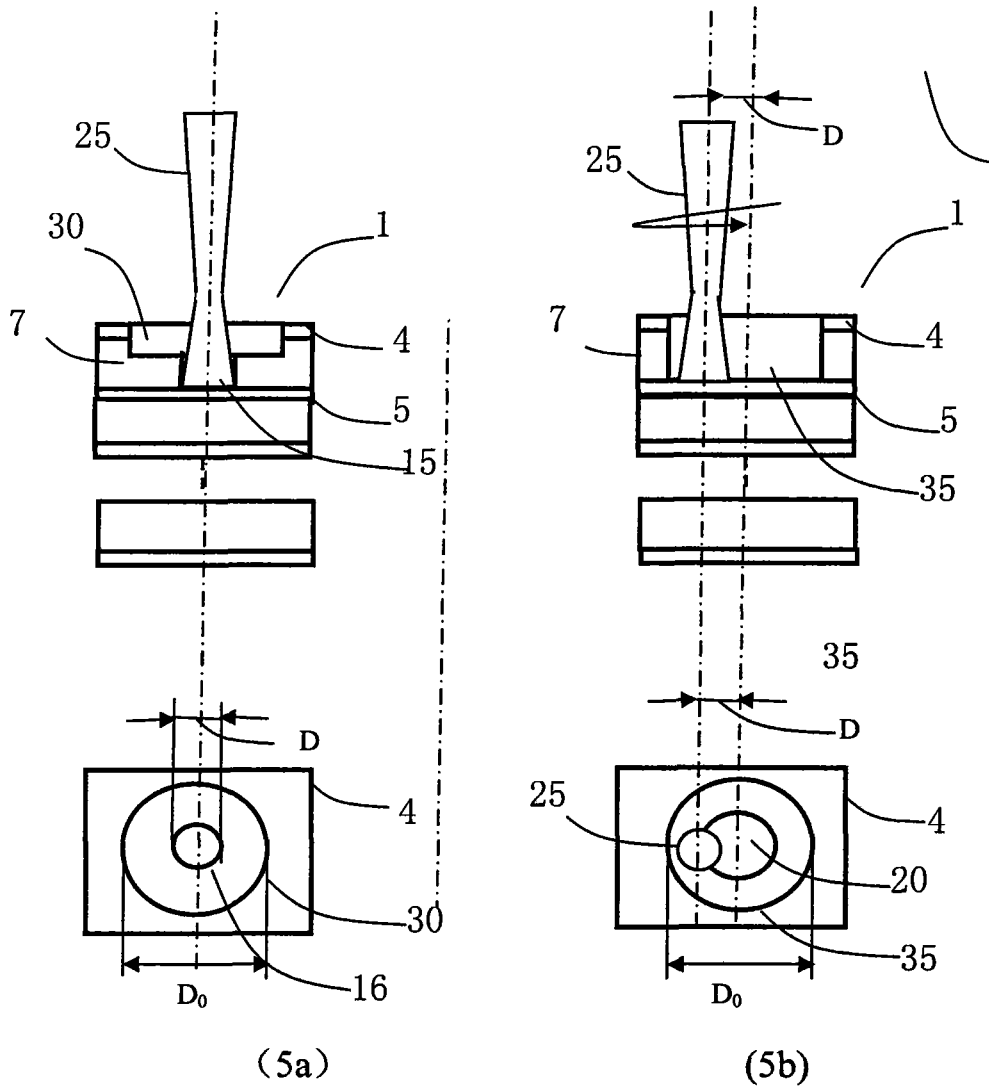


图 5