

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

B29C 65/16

B23K 26/06



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00101924.4

[45] 授权公告日 2003 年 9 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1121936C

[22] 申请日 2000.1.28 [21] 申请号 00101924.4

[30] 优先权

[32] 1999. 1.28 [33] EP [31] 99101816.9

[71] 专利权人 莱斯特加工技术公司

地址 瑞士萨尔嫩

[72] 发明人 陈杰伟

审查员 齐宏毅

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

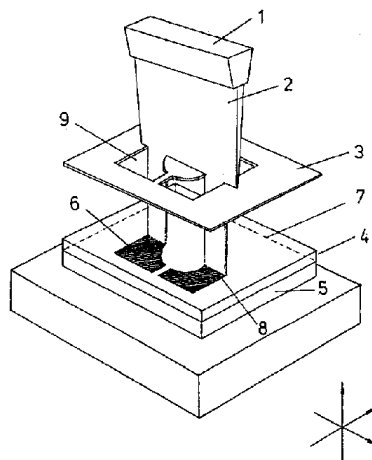
代理人 王勇 陈景峻

权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 6 页

[54] 发明名称 焊接塑料工件或塑料与其他材料的激光焊接方法及装置

[57] 摘要

一种激光焊接塑料或焊接塑料与其他材料的方法和装置，它们通过压力接触，靠近激光光源的工件对激光光束非常透明，而另一工件尽可能吸收激光光束。通过在工件之间的接触面上产生呈线状的激光束和通过激光束相对于工件的相对移动，根据希望的焊缝结构进行设计，只在希望的焊接区内把工件精确焊接在一起。这样允许以尽可能最小的焊缝间距高度精确焊接，使得即使微小系统工程的部件也可以在短的时间周期内制造。



ISSN 1008-4274

1. 一种焊接由塑料制成的不同工件(4, 5)或焊接塑料到其他材料的激光焊接方法, 其中对准激光光源(1)的上部工件(4)由对激光光束(2)透明的材料制成, 而另一工件(5)由吸收激光光束(2)的材料制成, 以便两个工件(4, 5)的彼此接近的接触表面(7)开始熔融并在后续的压力冷却中彼此粘合在一起, 其特征在于把一个其材料对激光束不透明的掩膜(3)设置在激光光源(1)和要焊接的工件(4, 5)之间, 以便在接触面(7)的某一焊接区域(6)内焊接工件, 所述掩膜的结构(9)大于所使用的激光束(2)的波长, 激光光源(1)指向接触表面(7), 在该接触表面上形成一条线(8), 并且激光束(2)和掩膜(3)连同工件(4, 5)相对移动。

2. 根据权利要求1的方法, 其特征在于激光束(2)以直角设置在接触面(7)的焊接区(6)上方。

3. 根据权利要求1或2的方法, 其特征在于当焊接要焊接的工件(4, 5)时施加附加焊接压力。

4. 根据权利要求3的方法, 其特征在于工件(4, 5)中的至少一个在工件(4, 5)中的另一个的方向上邻近焊接区域(6)处具有凸起, 以便当两个工件(4, 5)压在一起时, 在要焊接的工件的接触面(7)和凸起(16)之间形成一个坑(18)。

5. 根据前述权利要求中任何一项所述的方法, 其特征在于作为达到要求的熔点温度所需要的最大激光功率的函数, 激光光源(1)和工件(4, 5)之间的相对速率选择得尽可能高。

6. 根据前述权利要求中任何一项所述的方法, 其特征在于线宽选择为基本上与焊接区域的宽度相等。

7. 根据前述权利要求中任何一项所述的方法, 其特征在于线状激光束(2)由至少一个半导体激光器产生。

8. 根据权利要求 7 的方法, 其特征在于通过激光光源 (1) 与接触面 (7) 之间的距离而调整激光线 (8) 的长度, 并相应调整要求熔点所需要的激光功率。

5 9. 根据权利要求 7 的方法, 其特征在于随着激光光源 (1) 与接触面 (7) 之间的距离变化, 激光束 (2) 的线宽可以保持基本上恒定。

10 10. 根据前述权利要求中任何一项所述的方法, 其特征在于激光光束 (2) 与接触面 (7) 之间的相对移动通过平面镜 (21) 产生, 所述平面镜 (21) 可以围绕平行于接触面 (7) 的轴 (20) 摆动或转动。

15 11. 一种利用激光束焊接由塑料制成的不同工件 (4, 5) 或焊接塑料到其他材料的装置, 其中对着激光光源 (1) 的上部工件 (4) 由对激光光束 (2) 透明的材料制成, 而另一工件 (5) 由吸收激光光束 (2) 的材料制成, 以便两个工件 (4, 5) 的彼此接近的接触表面 (7) 熔融并在后续的冷却中因压力而彼此粘合在一起, 其特征在于激光光源 (1) 和设置在激光光源 (1) 和要焊接的工件 (4, 5) 之间的一个其材料对激光束不透明的掩膜 (3), 其中掩膜的结构 (9) 大于所使用的激光束 (2) 的波长, 激光光源 (1) 指向接触表面 (7), 使得在表面 (7) 上形成一条焦线 (8), 而且, 用于连续移动激光束 (2) 的装置与工件 (4, 5) 彼此相对移动。

20 12. 根据权利要求 11 所述的装置, 其特征在于激光束 (2) 以直角设置在接触面 (7) 的焊接区 (6) 上方。

25 13. 根据权利要求 11 或 12 所述的装置, 其特征在于设置有夹具装置 (11, 12), 用于在焊接操作之前夹紧要焊接的工件 (4, 5) 和掩膜 (3)。

14. 根据前述权利要求 11 至 13 中任何一项所述的装置, 其特

征在于线状激光束(2)由至少一个半导体激光器产生。

15. 根据权利要求 14 所述的装置,其特征在于激光光源(1)产生对应于所需宽度的截面细长的激光束(2),该激光束被平面镜(21)反射,平面镜(21)可以围绕平行于接触面(7)的轴(20)摆动或转动,并设置在掩膜(3)的上方,而且可以由驱动装置(22)操作。
- 5

## 焊接塑料工件或塑料与其他材料的激光焊接方法及装置

5 本发明涉及焊接由塑料制成的不同工件或焊接塑料到其他材料的激光焊接方法，其中对着激光光源的上部工件由对激光光束透明的材料制成，而另一工件由吸收激光光束的材料制成，以便两个彼此接近的工件的接触表面被熔融并在后续的压力冷却中彼此粘合在一起。本发明还涉及实现这一方法的装置。

10 该方法实质上可以从美国专利 4,636,609A 知晓，该方法用于塑料工件。同时，还有许多其他专利描述了这一方法的各种应用以及在焊接特殊设计的工件中实施这一方法的设备。例如，这里可以举出国际专利 W095/26869 以及在相应的检索报告中引用的出版物。

通过这些已知方法，塑料片、薄膜以及注射模铸部件可以通过清晰的激光束焊接，利用聚焦成一点的激光束焊接和融化塑料材料。焊接路径通过激光束的可编程光束导向装置或通过移动工件实现。到目前为止，还没有焊接表面或结构精细的物体的有效方法，诸如那些微小结构或微系统工程部件所需要的方法，其中只有希望的区域需要焊接。对于这一技术要求的一种可能替代是这样一种方法，即通过点光源激光束的二维扫描焊接整个表面。这一方法的一个缺点是由于精细扫描处理时间大大加长。另一个问题是焊缝的质量，焊缝质量受激光束的扫描间距以及扫描速率和激光功率的控制性能的影响。由于移动系统的动态特性，高质量焊接要求密集的扫描间距和低扫描速率。在高速率移动时，焊缝可能很成问题。这样通常导致焊接结果不令人满意，尤其是在转折点处，在该处在焊接区域与非焊接区域之间有一分界线。通过点聚焦光源激光束的二维焊接的另一个缺点是光束的强度分布，因为高斯型强度分布导致融化不规则。

25 美国专利 4,069,080A 描述了一种方法和装置，其中利用 CO<sub>2</sub> 激光器和适当的光学设备把激光线聚焦在塑料上，因此通过焊接两个半薄膜产生一个袋。

30 因此，本发明的目的在于提出一种可行的方法，把其中一个放置在另一个上面的两个物体高质量地二维焊接在一起，其中至少一个物

体由塑料制成，而且产生的焊接区界限分明。

根据本发明这一目的是通过具有权利要求 1 的特征的方法实现的。这一方法的其他优选实施例在从属权利要求中给出。这一目的还通过具有权利要求 11 的特征的装置实现。这一装置的其他优选实施例在关于这方面的引用权利要求 11 的从属权利要求中给出。

本发明基于这一思想，即为了在某一焊接区域焊接工件，把一个其材料对激光束不透明的掩膜设置在激光光源和要焊接的工件之间，所述掩膜的结构大于所使用的激光束的波长。这里使用的术语“焊接”在下面应该理解是指焊接、熔融、胶合、粘合或类似的意思。而且，激光光源以如下方式对准接触表面，即使得在表面上形成一条线。而且，激光线和工件彼此相对移动。实质上，可以使用激光束波长为 0.7 至 10.6 $\mu\text{m}$  的 Nd:YAG 激光器、CO<sub>2</sub> 激光器或半导体激光器，但是必须采取适当的光学措施以便确保在接触表面上提供线状激光束。通过固有压力或者利用已知方法的适当夹具装置把工件压在一起。把掩膜加到工件上，所述掩膜例如呈蒸发在载体上的薄金属片或金属薄膜的形式；所述掩膜具有槽，根据将要焊接的结构激光束可以通过该槽。所述结构尺寸可以小于 1 毫米。只要掩膜的精细结构的尺寸是使用光束的波长的 5-10 倍，将没有任何对激光器输出具有副作用的移动效应。激光束基本上以直角或者以只对焊接区域的分界线产生不明显作用的角度入射，通过掩膜上的开口和上部工件，穿透到两个工件之间的接触表面。照射在掩膜上的光束被反射回来。可能的焊缝结构主要由掩膜和材料的热性能确定。由于激光束与工件之间的相对移动，所述相对移动可以通过移动激光光源或者工件或者适当控制激光束导向装置实现，激光束或者连续或者完全（在线宽与焊接区相同的小焊接区的情况下）通过掩膜上的开口，在接触面上希望的焊接区域内形成工件的相应结构焊接。依赖设置和应用，掩膜和工件可以相对于激光束移动，或者工件可以与激光束和掩膜一起移动。

因此该方法能够在短时间内以高质量把塑料片、注射模铸件以及薄膜彼此焊接在一起或者焊接在其他材料上，或者焊接在结构细微的精细焊接工件上，而且焊缝平整，不损坏希望区域上的结构。因此，例如，可以容易地实现任何希望形状的线状轮廓，这种结构以前必须使用点光源激光束工作，这是因为激光束的线状结构，通过把激光束

通过适当设计的掩膜一次。

最好沿着垂直于接触面的焊接区域的方向引导激光束，以便实现特别小结构的最可能精确的成象，和防止不需要的阴影效果。

5 最好在固有压力以上的压力下把工件压在一起，以便它们彼此的热接触良好，而且通过焊接压力保持在一起，因为在由于激光处理产生的熔融操作期间熔融材料热膨胀。

10 为了能够通过附加结构引导或停止液态熔融体的扩散，根据另一优选实施例可以在一个工件上沿着另一工件的方向在邻近焊接区域处提供凸起，以便当两个工件压在一起时，在凸起和要焊接的工件的接触面之间形成一个坑。作为一种替换手段，这样的凸起也可以设置在两个工件上。一旦焊接区域已经被激光束照射，液态熔融体就流到该坑中，因为这一坑中的压力比两个工件在压力接触下的接触区域内的压力小得多。这样能够防止熔融体沿着不希望的方向流动进入欲保持自由的区域内。这对于超小型的部件尤其有利。根据另一依据本发  
15 明的方法的最佳实施例，激光光源和工件之间的相对速率选择得尽可能高，根据达到要求的熔点所需要的最大激光功率。这样产生最优结果，即只要把融化处理所需要的热能加在融化区域内，则掩膜结构就清晰成象在焊接区域内。因此，在激光处理之后熔融材料立即冷却并在邻近材料开始流动之前固化。

20 激光束的线宽最好选择为与焊接区域的宽度相适应。这可以通过根据激光光源的功率并排设置一个或多个激光光源实现。随着激光光源容量的增大，被激光器一次完全照射的焊接区域的尺寸也可以一次性增大。这对于  $\text{cm}^2$  范围内的小焊接区域尤其适用。这里也可以适用  $\text{CO}_2$  激光器或半导体激光器作为激光光源。这样允许一次加热希望焊  
25 接的整个区域。

根据这一方法的特别优选实施例，线状激光束由至少一个半导体激光器（二极管激光器）产生。根据希望的线长度，可以使用一个二极管激光器或几个这样的二极管激光器并排设置成一排。根据这一方法  
30 的另一实施例，这样使得能够随着相应调整要求熔点所需要的激光功率，通过激光光源与接触面之间的距离而调整线长度。为了做到这一点，在一个轴上准直激光束（快轴），而在另一轴上发散激光束（慢轴）。此外，随着激光光源与接触面之间的距离变化，激光束的线宽

可以保持基本上恒定。由二极管激光器发出的梯形光束具有基本上窄而且细长的截面，通过二极管激光器上相应的已知光学装置产生，使得可以在激光光源与接触面之间的任何希望距离处通过调整激光功率而调整希望的线宽，并获得所要求的能量密度。

- 5 通过如下事实实现一种特别经济的方法，即激光光束与工件之间的相对移动通过平面镜产生，所述平面镜可以围绕工件的平行轴摆动或转动。这一平面镜的移动可以通过光学上公知的方法快速控制，所以可以实现周期时间非常短。

10 在最佳实施例中，根据本发明的能够实现这一方法的装置具有激光光源，诸如二极管激光器，该激光光源产生截面细长如同激光线的激光束，而且根据另一最佳实施例，它具有可以围绕平行于接触面的轴摆动或转动的平面镜，该平面镜设置在接触面的上方，把来自激光光源的光束反射到接触面上，而且可以由驱动装置操作；它还可以具有夹具装置，要焊接的工件和掩膜夹在上面，夹具装置的对着激光光源的夹板由透射激光束的材料制成。

- 下面结合附图根据最佳实施例详细描述本发明，其中
- 图 1 是利用掩膜在预定焊接区域上焊接塑料片的基本布置图；
- 图 2 是在二维焊接操作中焊接区域的几何形状；
- 图 3 是精细设计的塑料片和熔融体扩散的放大细节图；
- 20 图 4 是利用掩膜技术焊接的基本装置；
- 图 5 是限制液态熔融体到不希望的区域内的实施例；以及
- 图 6 是在工件上方具有摆动平面镜的装置的基本设计。

图 1 示出二维焊接塑料片 4、5 的结构，利用激光束 2 和掩膜 3 只在某一焊接区域 6 内焊接塑料片 4 和 5。该结构包括激光光源 1，

25 例如一个或多个排列成一条线的半导体激光器（二极管激光器），它们发出的激光直接由微透镜（这里未示出）准直并聚焦在一条线上。如此设置激光光源 1 使得激光光束 2 作为激光帷幕以直角通过掩膜 3 照射在两个塑料片 4、5 之间的接触区 7 的焊接区域 6 上。如同该方法所要求的一样，塑料片 4 对于激光是透明的，而塑料片 5 吸收激光。

30 激光光束 2 相对于掩膜 3 和塑料片 4、5 连续移动，使得塑料片 4、5 在激光线 8 的正下方的焊接区域 6 内变成熔融状态，然后在冷却之后它们固化。有阴影的焊接区域 6 表示由于激光束通过掩膜 3 上的开口

9 已经进行了焊接。

在图 1 中，掩膜 3 表示在与塑料片 4 有一定距离处，是为了说明的目的。如图 4 所示，塑料片 4、5 和掩膜 3 通过夹具装置（这里没有详细示出）压在一起，所述夹具装置包括两个静止的平面夹板 11、12。然后把这一装置不可动地作为一个整体单元安装在或连接到在线性台子上（未示出）。另一种可能方法示于图 6 中，并结合图 6 进行讨论。在图 4 中，上夹板 11 由石英玻璃或蓝宝石玻璃制成，或者由允许波长为  $1.5\mu\text{m}$  或  $8\mu\text{m}$  的激光和热辐射通过的塑料片制成。夹具装置确保要焊接在一起的塑料片 4、5 在激光辐射的熔融操作期间，由于熔融体的热膨胀存在焊接压力下，热接触状态良好，而且保持在一起。上夹板 11 在红外区内的高透射率允许确定焊接区域 6 的温度，所以可以最佳控制焊接过程。

在图 2 中，详细地示出了二维焊接操作。帷幕式的激光束 2 通过掩膜 3 上的开口 9 照射在区域 8 上。由于沿着激光线 8 加热材料，有一个扩散区 10，下面结合圆圈 13 内的光强度 I 的图示详细说明。箭头 14 表示激光束 2 的移动方向。焊接区的几何形状通常由这些因素确定：焊接过程、熔融深度、照射区域、焊接材料的热熔特性和使用的激光功率。熔融体的扩散和图 2 中的参数 a 和 b 通常可以物理上进行解释。对于激光功率为 P（瓦）和速率（m/sec）的焊接过程，扩散参数 a 和 b 与下列焊接条件有关（参见“聚合物的  $\text{CO}_2$  激光器焊接”，W. W. Duley & R. E. Mueller, Polymer Engineering and Science, vol. 32, no. 9 (1992) pp. 582-585 ):

$$a, b \sim \frac{P}{v d \rho C_p T_m}$$

其中  $\rho$  是焊接材料的密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )， $C_p$  是热容量 ( $\text{J}/\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ )， $d$  是熔融深度 (m)，而  $T_m$  是熔点 (K)；换句话说，通过优化激光功率 P、移动速率  $v$  和熔融深度  $d$ ，可以实现控制熔融体扩散。

图 3 示出精细结构的放大细节图，例如对于微小工程和微小系统的元件，还示出熔融体扩散。结构 15 必须被掩膜 3 掩盖的程度依赖于所使用的塑料材料和优化的焊接参数 P 和  $v$ 。在任何情况下，确保熔融体不进入焊接自由区 15 都十分重要，因为否则将不能保证部件的功能。在焊接自由区 15 和掩膜 3 的开口 9 的边缘之间的额外覆盖 c

是必要的，因为熔融体扩散不能通过过程优化完全控制。掩膜设计中必须遵守的经验方法是  $c \geq 2a, b$ 。

利用功率为 25W 的二极管激光器进行研究，该激光器产生波长为 940nm 的激光束，该激光束非常适合于大部分塑料材料，而且利用塑料材料聚碳酸酯 (PC)，结果表明焊接性能方面可以得到很好的结果。因此，随着激光能量的增加，被掩膜覆盖的宽度为 1.2、1.0 和 0.8mm 的通道被流出焊接区的熔融体充满。还应该指出均匀地从掩膜 3 边界和激光束 2 的线边缘扩散出来。通过在短周期时间内把足够的热能施加在熔融区域内，就可以实现把掩膜结构清晰地制造在希望的区域内的优化目标。结果，经激光处理后在开始流动之前液态熔融体立即冷却并固化。因此，观察作为激光光源的可使用功率的函数的最短可能激光处理时间十分重要，即应该建立激光束与带有工件的掩膜的最大可能相对速率，但是当然，功率必须至少足以开始熔融过程。

图 5 示出一种可能示意图，该图使得能够通过附加结构控制或停止液态熔融体的扩散。图 5a 只示出不受压力状态下的掩膜 3 和塑料片 4、5，其中塑料片之一——在该实施例中为塑料片 4——在邻近自由结构 15 处具有凸起形式的附加结构。凸起 16 相对于底面 17 突出，形成与塑料片 5 的上面的接触面。掩膜 3 上的开口 9 的边缘与终止于凸起 16 的焊接区 6 对齐。在图 5b 中，利用夹板 11、12 把要焊接的塑料片 4、5 紧紧地压在一起，掩膜 3 一体形成在顶夹板 11 内。这样在邻近凸起 16 处形成薄空气缝隙 18。一旦用激光束处理焊接区 6，液态熔融体被转移至这一空气缝隙空间 18，因为这里的压力比凸起 16 与塑料片 5 上部之间的接触面 19 的压力小得多。因此，可以控制方式防止熔融体渗透到不希望的自由空间 15 中。

图 6 示出具有设置在平行于接触面 7 的轴 20 附近的平面镜 21 的装置的基本设计。利用驱动装置 22 可以快速地调整平面镜 21，导致激光束 2 移到掩膜 3 上方。该方法和该装置允许高激光处理速率和高周期时间，而不需要昂贵的移动机构例如线性平台。因此，激光光源 1 还可以设置在焊接部件之上，而且产生线宽窄的帷幕式激光束 2，如图 1 所示。这是通过如下事实实现的，即在所谓快轴方向上准直半导体激光器产生的光束，而在所谓的慢轴方向上，变换具有小发散角的光束。由焊接区的最大长度获得接触面 7 上激光束线的最大长度。

由于工作距离的变化，可以调整激光线 8 的长度适合于焊接区 6 的长度。通过改变激光光源的功率，能够调整所需要的最小熔融温度。通过使用在激光光源 1 与接触面 7 之间的整个距离上具有细长截面的激光束 2，可以适合于要焊接的焊接区域 6 的尺寸变化。

- 5 为了获得尽可能大的精度，平面镜设置在掩膜 3 或掩膜 3 的开口 9 上方的中心上。如图 6b 所示，如果满足下列条件结果就可以足够精确：

$$b \gg \frac{a}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

其中  $b$  是接触面 7 与平面镜 21 之间的距离， $a$  是焊接区的长度， $\alpha$  是半扩散角。因此，该方法和装置可以用于大和小结构。

- 10 在这里描述的实施例中，使用波长为  $0.7 - 10.6 \mu\text{m}$  的激光束。

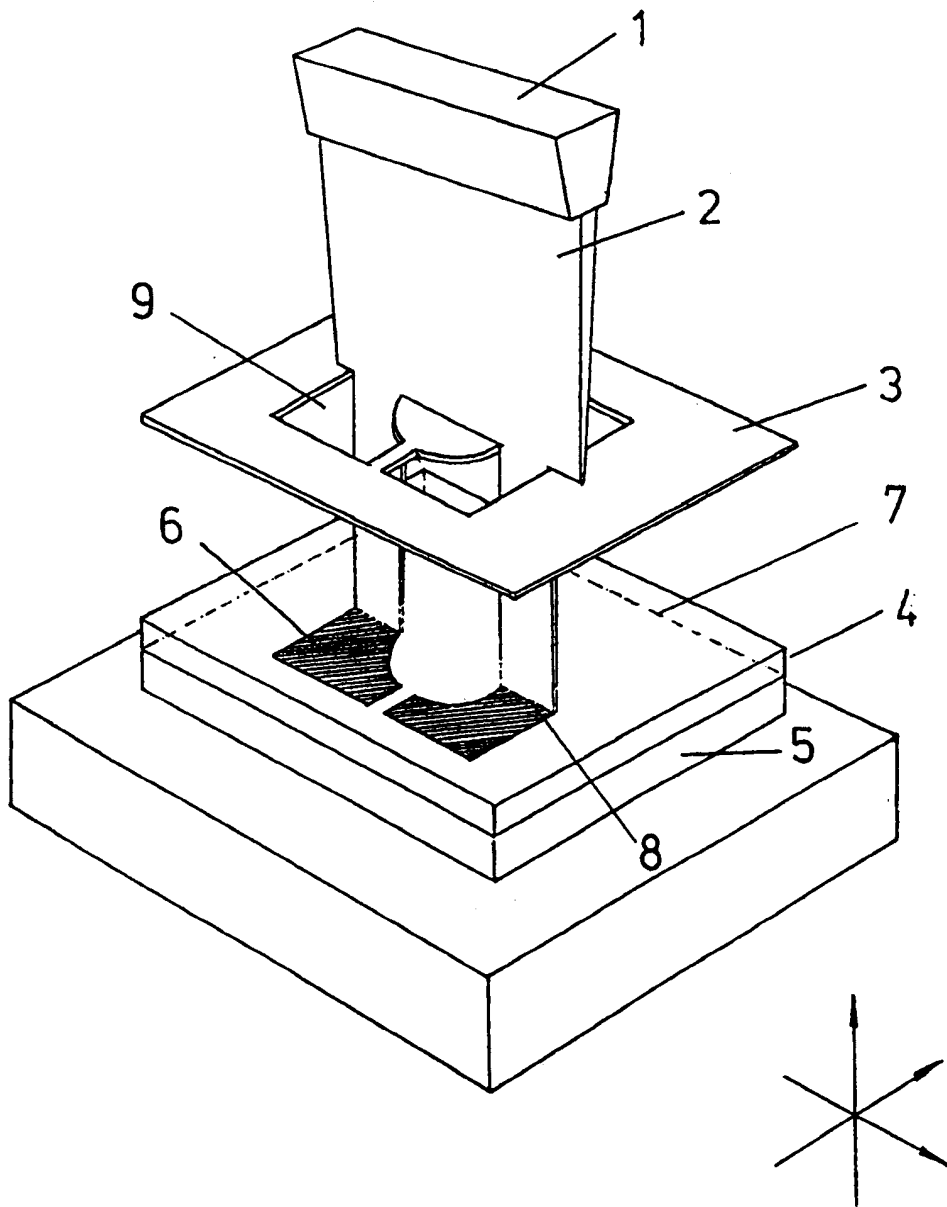


图 1

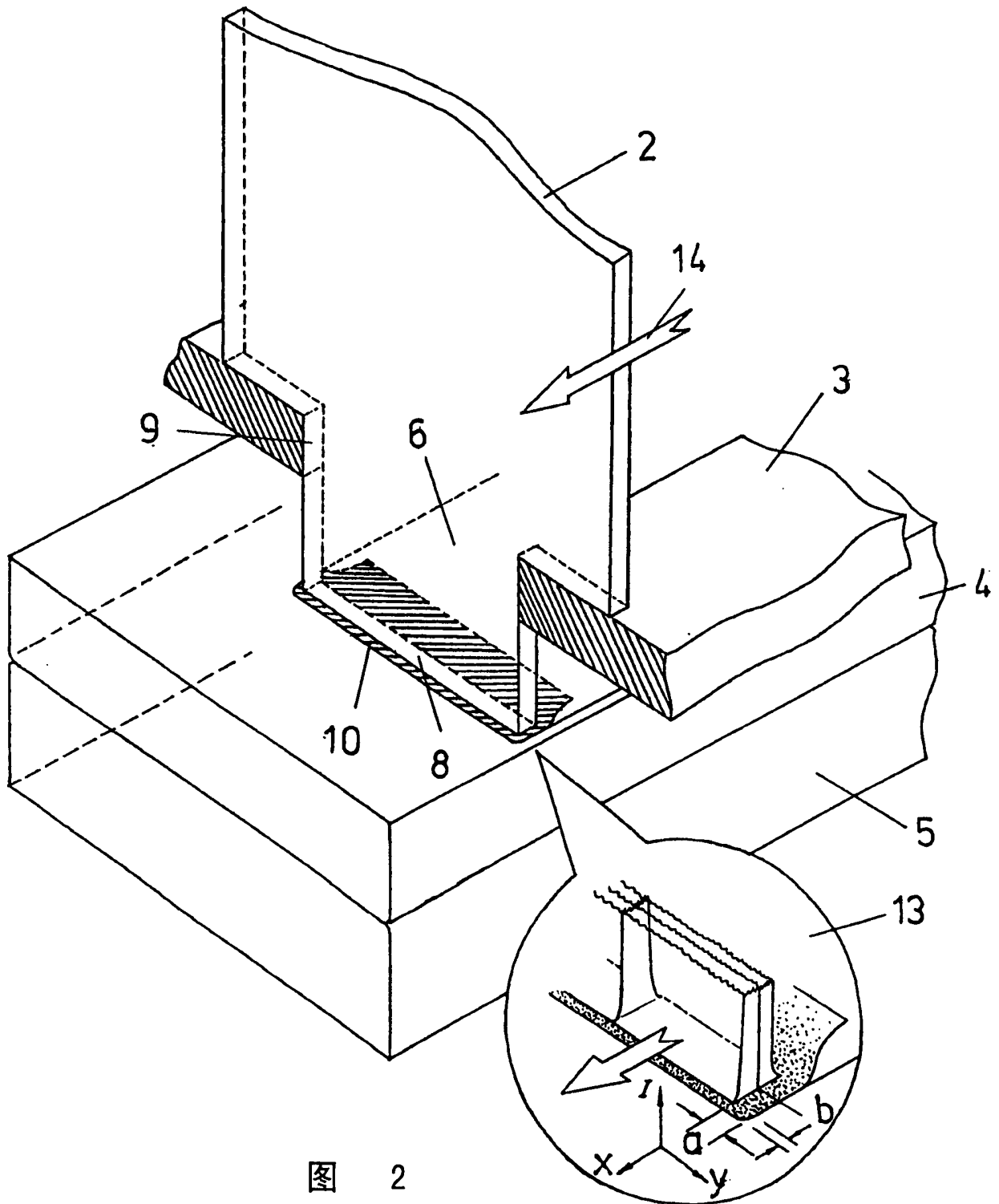


图 2

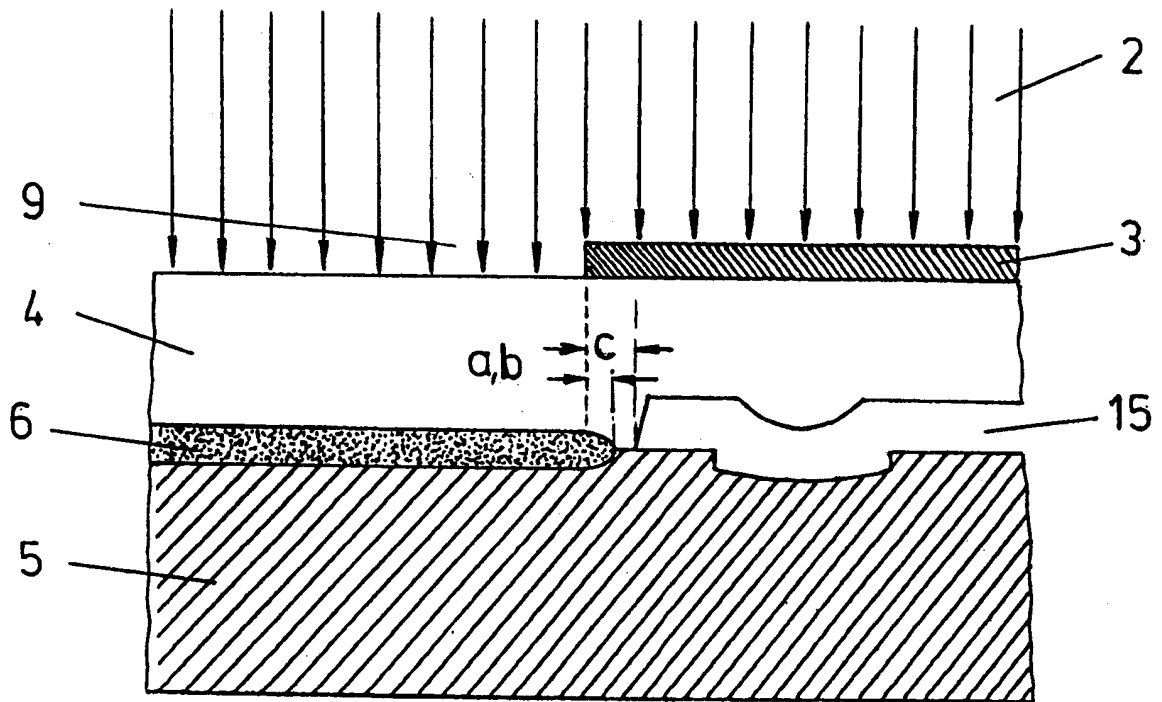


图 3

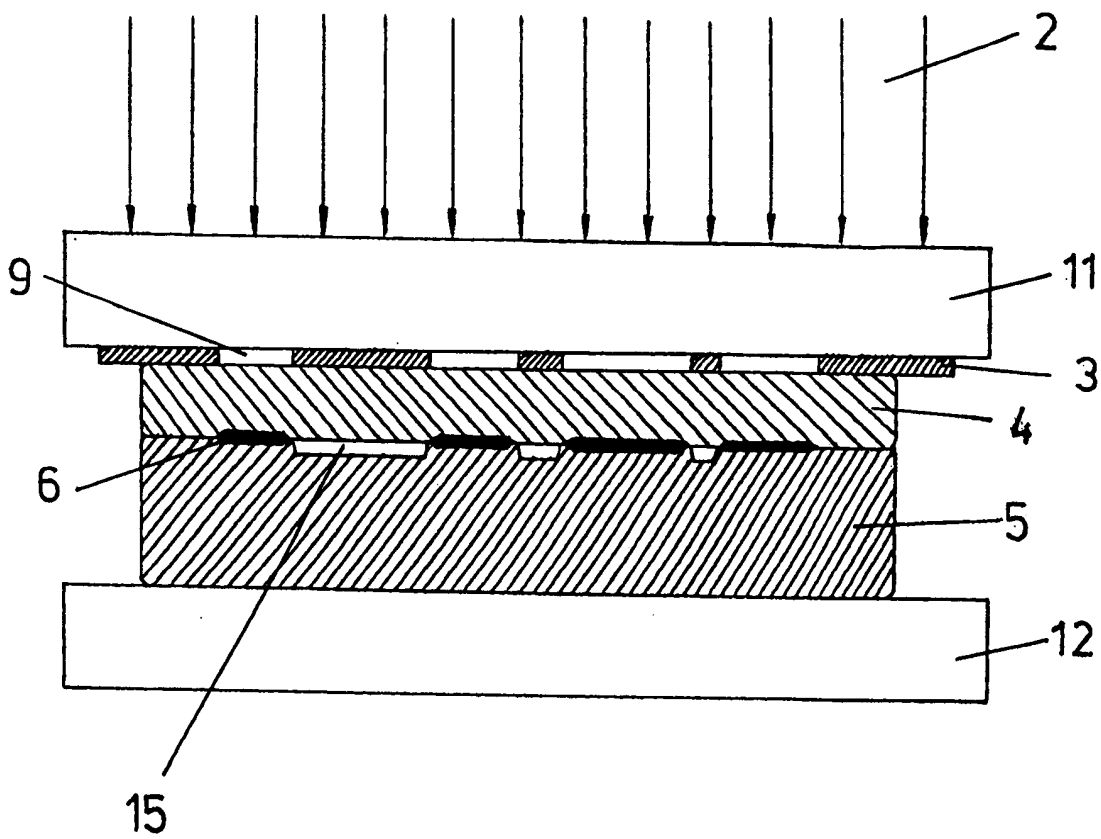


图 4

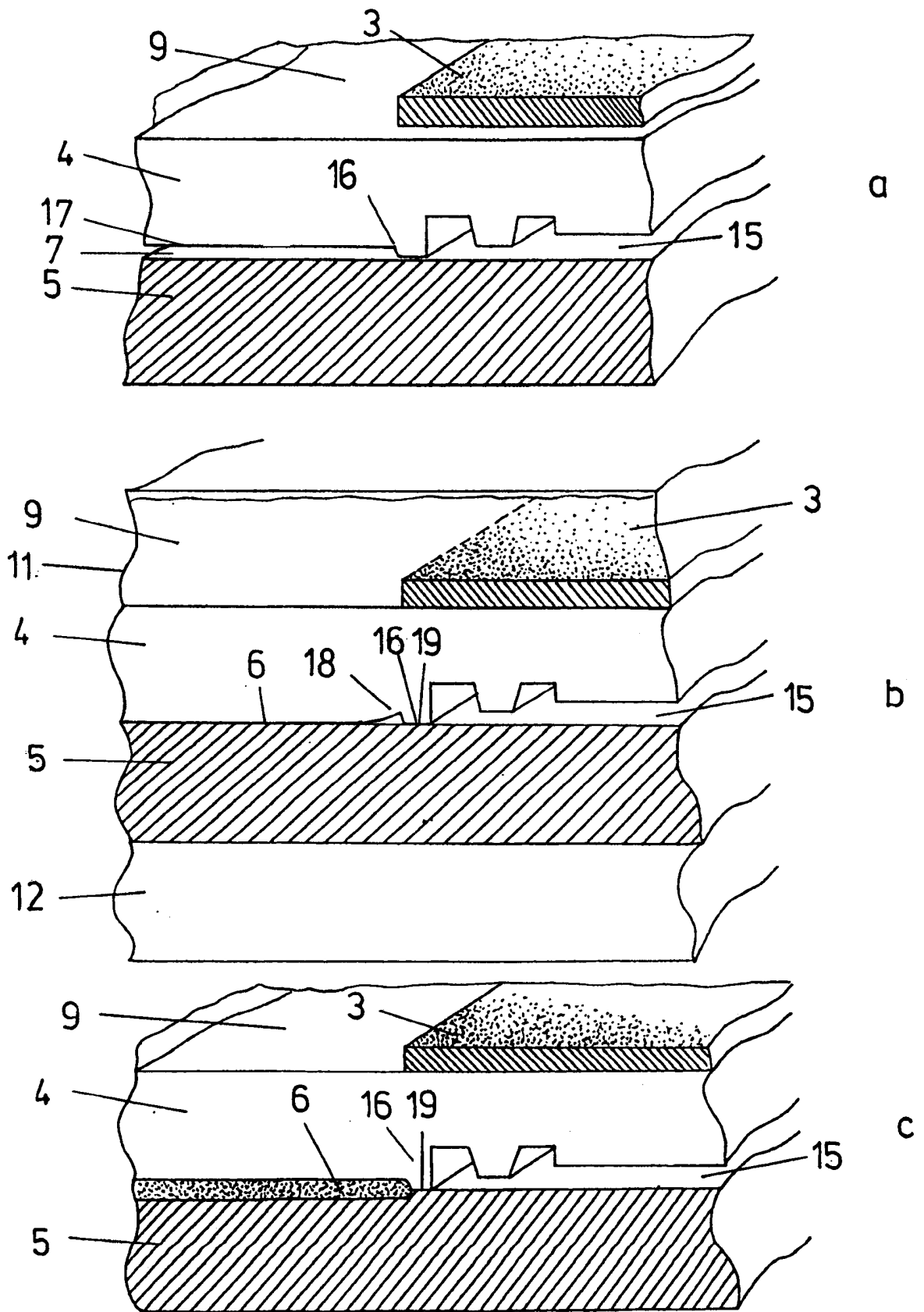


图 5

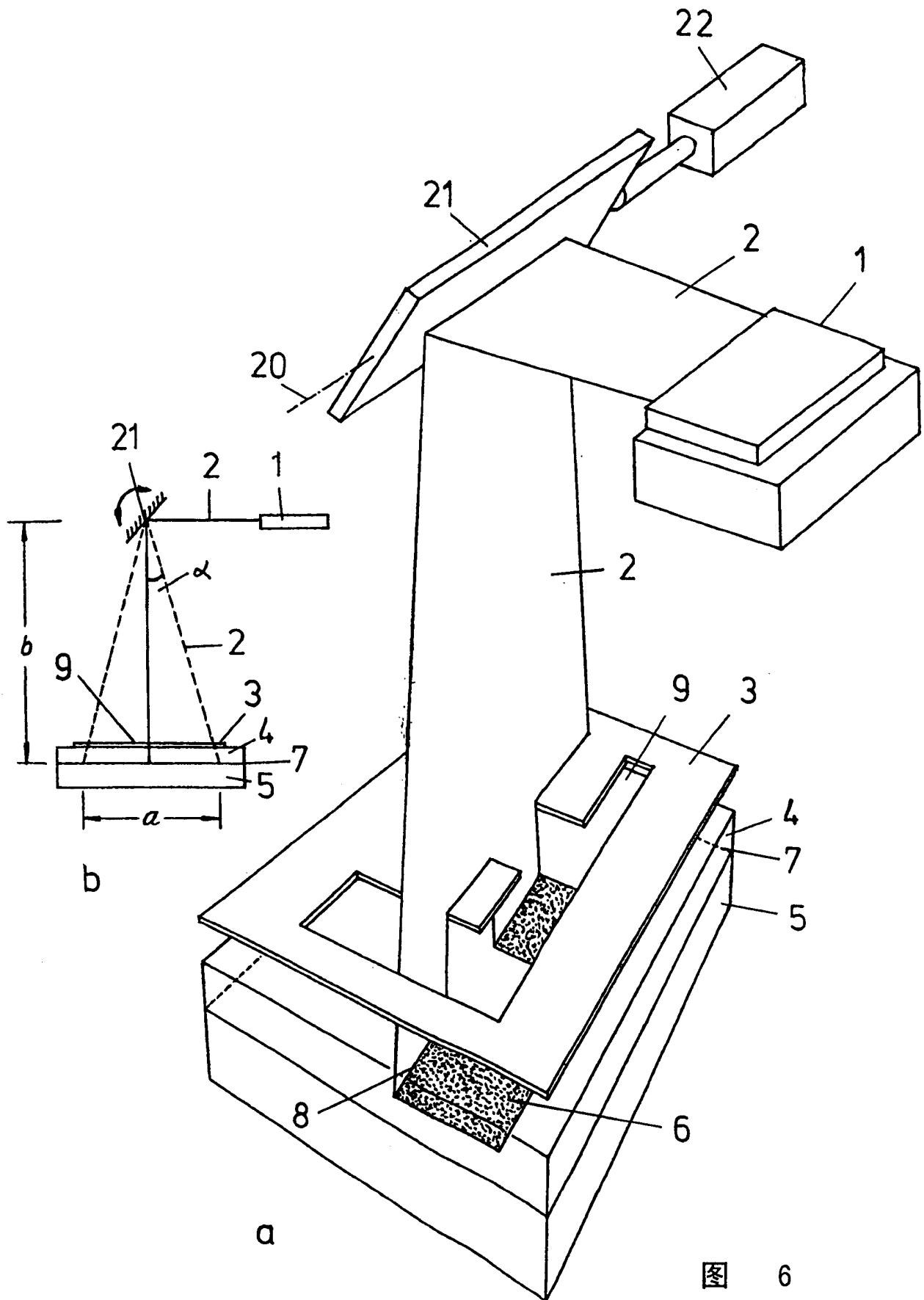


图 6