[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02B 6/06 (2006.01)
G02B 27/09 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200480016000.5

[43] 公开日 2007 年 6 月 6 日

[11] 公开号 CN 1977193A

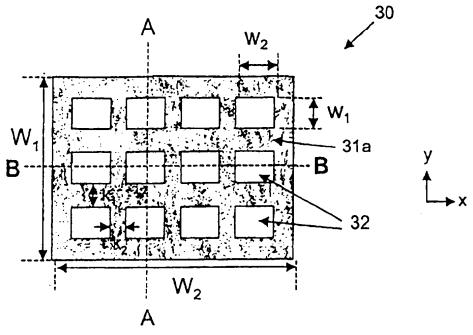
[22] 申请日 2004.5.10
[21] 申请号 200480016000.5
[30] 优先权
[32] 2003. 6.10 [33] US [31] 10/458,390
[86] 国际申请 PCT/US2004/014649 2004.5.10
[87] 国际公布 WO2005/001517 英 2005.1.6
[85] 进入国家阶段日期 2005.12.9
[71] 申请人 纳伊夫·M·阿布-阿吉尔
地址 美国马萨诸塞州
[72] 发明人 纳伊夫·M·阿布-阿吉尔
[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
代理人 钱慰民
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 20 页

[54] 发明名称

光波导阵列、制造方法以及使用相同光波导阵列和制造方法的光学系统

[57] 摘要

用于输出均匀性和准直性都有所提高的光线的光波导阵列(30)包括支撑材料(35)和形成于该支撑材料中的多个光波导(32)。 每个光波导(32)都具有用于接收光线的入射光瞳和用于输出光线的出射光瞳。 光波导(32)可以是穿过支撑材料(35)的固体管或中空的通道。 支撑材料(35)可以是像 Al，Au，Ni 这样的金属，像硅、多晶硅、SiC、GaAs 这样的半导体材料，或光学透明材料。 半导体制造技术可以被用于构建该阵列。 该阵列可以被包括在光学投影系统(125)中以提高性能。



1.一种光波导阵列，它包括：

支撑材料；以及

形成于所述支撑材料中的多个光波导，每个光波导具有用于接收光线的入射光瞳和用于输出光线的出射光瞳。

2.如权利要求 1 所述的光波导阵列，其特征在于，所述光波导中的至少一个是固体光管。

3.如权利要求 2 所述的光波导阵列，其特征在于，所述固体光管是直的。

4.如权利要求 2 所述的光波导阵列，其特征在于，所述固体光管是锥形的。

5.如权利要求 4 所述的光波导阵列，其特征在于，所述固体光管的入射光瞳小于所述固体光管的出射光瞳。

6.如权利要求 4 所述的光波导阵列，其特征在于，所述固体光管的入射光瞳大于所述固体光管的出射光瞳。

7.如权利要求 1 所述的光波导阵列，其特征在于，所述光波导中的至少一个是穿透所述支撑材料的中空型通道。

8.如权利要求 7 所述的光波导阵列，其特征在于，所述中空型通道是直的。

9.如权利要求 7 所述的光波导阵列，其特征在于，所述中空型通道是锥形的。

10.如权利要求 9 所述的光波导阵列，其特征在于，所述中空型通道的入射光瞳小于所述中空型通道的出射光瞳。

11.如权利要求 9 所述的光波导阵列，其特征在于，所述中空型通道的入射光瞳大于所述中空型通道的出射光瞳。

12.如权利要求 7 所述的光波导阵列，其特征在于，所述中空型通道的内表面涂有反射材料。

13.如权利要求 7 所述的光波导阵列，其特征在于，所述中空型通道的内表面具有冷镜涂层。

14.如权利要求 1 所述的光波导阵列，其特征在于，所述支撑材料是从下列中选择的：Al，Au，Ni，硅，多晶硅，SiC，GaAs，以及透光材料。

15.一种光学系统，它包括：

光源；

椭圆形的镜子，用于反射来自所述光源的光线；以及

用于接收所反射的光线的光波导阵列，所述光波导阵列包括支撑材料和形成于所述支撑材料中的多个光波导，每个光波导具有用于接收光线的入射光瞳和用于输出光线的出射光瞳。

16.如权利要求 15 所述的光学系统，所述光学系统进一步包括：

用于接收从所述光波导阵列中输出的光线的光阀。

17.如权利要求 16 所述的光学系统，所述光学系统进一步包括：

用于将从所述光波导阵列中输出的光线引导至所述光阀上的转像光学系统。

18.如权利要求 16 所述的光学系统，所述光学系统进一步包括：

用于接收从所述光阀中输出的光线的投影透镜；以及

用于接收从所述投影透镜中输出的光线的屏幕。

19.一种制造光波导阵列的方法，它包括：

提供一层支撑材料；

在所述支撑材料上形成图形化的掩模层，所述掩模层界定了多个光波导通道；

对没有被所述掩模层覆盖的支撑材料层进行刻蚀，以形成所述光波导通道；以及

在所述光波导通道的内表面上沉积反射材料。

20.一种制造光波导阵列的方法，它包括：

提供基板；

在所述基板上形成图形化的掩模层，所述掩模层界定了多个光波导管；以及

在所述基板的未被掩模遮住的部分中注入离子以形成多个注入区，每个注入区所具有的折射率都不同于所述基板的折射率。

21.一种用于照明物体的系统，它包括：

光源；

包括多个光波导的第一光学装置，所述光波导用于接收从所述光源中发出的光能；以及

用于将所述第一光学装置输出的光能引导至所述物体上的第二光学装置。

22.如权利要求 21 所述的系统，其特征在于，所述光波导包括从下列之中选择的微型引导件：光管，光通道，以及前述的任意组合。

23.如权利要求 21 所述的系统，其特征在于，所述第二光学装置将所述第一光学装置输出的光能置于所述物体之上。

24.如权利要求 21 所述的系统，其特征在于，所述系统进一步包括用于将来自所述光源的光能引导至所述第一光学装置的反射器。

25.如权利要求 24 所述的系统，其特征在于，所述反射器将来自所述光源的光能集中到所述第一光学装置上。

26.如权利要求 21 所述的系统，其特征在于，所述第一光学装置包括光波导的阵列。

27.如权利要求 21 所述的系统，其特征在于，所述系统均匀地照亮所述物体。

光波导阵列、制造方法以及使用相同光波导阵列和制造方法的光学系统

技术领域

本发明一般性地涉及将来自光源的非均匀光转变为大体上均匀且准直的照明光。更具体地讲，本发明涉及包括一种紧凑的光波导阵列的光学系统，该光波导阵列用于将基本上均匀且准直的光线传递到像光阀的面积那样的一块区域。

背景技术

除了 MEMS（微机电系统）技术以外，基于液晶显示技术的光阀也已经用于各种系统及应用中了，这些系统和应用包括但不限于投影仪、投影电视、便携式摄像机、数码相机、互联网装置、手机以及头戴式耳机及听筒。在大多数光阀应用中，都需要成本低、紧凑、重量轻的发光系统。此外，在这些应用中，均匀、明亮、稳定的图像是重要的要求。

图 1A 和 1B 分别示出了现有技术中直的光波导积分器 10 和锥形的光波导积分器 20，它们在各种已知的发光系统中增加光线的均匀性。

直的光波导 10 可以是具有抛光表面的固体玻璃棒，或者，是具有反射表面的中空通道。光线进入入射光瞳 1 并从出射光瞳 2 出射，以中空光通道为例该光线历经多次反射后均匀性更好，以固体玻璃棒为例该光线历经多次内部全反射后均匀性更好。随着光波导 10、20 的长度 L 的增加，在出射光瞳 2 处光线的均匀性有所提高。

如图 1A 所示，直的光波导 10 的入射光瞳 1 和出射光瞳 2 具有相等的横截面面积 $W_1 \times W_2$。

与图 1A 的直的光波导相比，图 1B 的锥形光波导 20 传递更加均匀且准直的光线。锥形光波导 20 通常在其入射光瞳 3 和出射光瞳 4 处具有并不相等的横截面面积 A_1 和 A_2。除了大小不同且光瞳形状也不同的情况以外，入射光瞳

3 和出射光瞳 4 可以是大小不同但形状相似的，比如都是正方形、长方形或圆形。在 Magarill 的美国专利 6,332,688、Levis 的美国专利 5,829,858 以及 Henkes 的美国专利 4,765,718 中，已经描述过这种光波导。

已知的光集成技术遭遇到光耦合效率太低以及缺乏紧凑性这样的问题。因此，需要一种紧凑、重量轻、有效率且成本低的发光系统，以便在像光阀的激活区这样的预定区域上提供均匀且准直的光线。

发明内容

本发明的优点在于，提供了一种相对紧凑、重量轻、有效率且成本低的发光系统，该系统能够产生横截面和均匀强度经选择过的光束，该光束进入经选择过的发光数值孔径。此外，该发光系统能够有效地将来自于具有很多种尺寸和形状的光源的光线耦合到形状和大小各异的光阀中。

本发明的特征在于将光束聚焦到微引导阵列中，该微引导阵列除了能够提供想要的均匀性之外，还能够设置数值孔径。形状和大小已选定的微通道（中空的微型光波导）和微管道（固体微型光波导）可以用来形成形状和大小都选定的阵列。

本发明的一个实施例使用直的和/或锥形的微通道以形成微型光波导的阵列，该阵列在某一带有想要的锥角（数值孔径）域的区域上提供均匀的光公布。

为了提供相同的功能，另一个实施例使用了带有直的和/或锥形的微管道的阵列，该阵列不带有微通道。

本发明的另一个实施例提供了一种投影系统，该系统使用了像本文中所揭示的那些微型引导件。

本发明的另外的实施例提供了这种微型引导件阵列的制造方法。

对于本领域的技术人员而言，在看过下面的附图和详细描述之后，都会清楚地理解本发明的其它实施例、特征和优点。只要所有这些附加的特征、实施例和优点都落在本发明的范围之内，本说明书旨在包括它们并且所附的权利要求书也会对之加以保护。

附图说明

图 1A 示出了现有技术的直的光波导的透视图。

图 1B 示出了现有技术的锥形光波导的透视图。

图 2A 示出了根据本发明一实施例的二维长方形微通道阵列的顶视图。

图 2B 示出了直的微通道阵列沿图 2A 的线 A 的横截面图。

图 2C 示出了可以包括在图 2B 的阵列之中的直的微通道的透视图。

图 2D 示出了直的微通道阵列沿图 2A 的线 A 的横截面图，其中微通道长度 l 小于框架厚度 t。

图 2E 示出了锥形微通道阵列沿图 2A 的线 A 的横截面图，其中入射光瞳小于出射光瞳并且微通道长度 l 小于框架厚度 t。

图 2F 示出了图 2E 的锥形微通道的透视图，其中入射光瞳和出射光瞳的大小分别是 a_1 和 a_2。

图 2G 示出了锥形微通道阵列沿图 2A 的线 A 的横截面图，其中入射光瞳大于出射光瞳并且微通道长度 l 小于框架厚度 t。

图 2H 示出了图 2G 的锥形微通道的透视图，其中入射光瞳和出射光瞳的大小分别是 b_1 和 b_2。

图 2I 示出了一维长方形微通道阵列的顶视图。

图 2J 示出了带有微通道环的阵列的顶视图。

图 2K 示出了根据本发明另一个实施例的二维长方形微管道阵列的顶视图。

图 2L 示出了直的微管道阵列沿图 2K 的线 A 的横截面图。

图 2M 示出了锥形微管道阵列沿图 2K 的线 A 的横截面图，其中入射光瞳小于出射光瞳并且微管道长度 l 小于基板厚度 t。

图 2N 示出了锥形微管道阵列沿图 2K 的线 A 的横截面图，其中入射光瞳大于出射光瞳并且微管道长度 l 小于基板厚度 t。

图 3A 示出了根据本发明一实施例使光束均匀且准直的第一发光系统的横截面图。

图 3B 示出了根据本发明一实施例使光束均匀且减小其准直性的第二发光系统的横截面图。

图 3C 示出了根据本发明一实施例的投影仪系统的横截面图。

图 4A 示出了图 2B 的直的微通道阵列的横截面图，并示出了其将一光束分成若干子光束的功能。入射光束具有均匀的入射角。

图 4B 示出了图 2B 的直的微通道阵列的横截面图，并示出了其将一光束分成若干子光束的功能。微通道阵列的第一半接收入射角为＋θ/2 的一部分光束，第二半接收入射角为－θ/2 的第二部分光束。

图 5A-5H 示出了根据本发明一实施例通过使用 SOI 晶片来制造微通道阵列的步骤。

图 6A-6H 示出了根据本发明一实施例通过使用各种类型的起始材料来制造微通道的可选步骤。

图 7A-7D 示出了根据本发明一实施例制造微管道阵列的步骤。

应该理解，这些附图的目的仅仅是用于说明，而不是用作界定本发明的限度。此外，应该理解，这些附图也没有必要按比例绘制，除非另行说明，否则它们仅仅是在概念上说明本文中所描述的结构和方法。

具体实施方式

本文中所描述的是微通道和微管道阵列、它们的制造方法以及使用这些阵列的光学系统。

图 2A-2J 示出了根据本发明各种实施例的直的和锥形微通道阵列。图 2A 示出了二维微通道阵列系统 30 的平面图，该系统 30 包括在二个维度（x 和 y）中排列的微通道 32，并将相对均匀分布的光线输出到一区域上。尽管本发明并非如此受限，但是微通道阵列 30 可以具有数目从几个到几百万个的微通道 32，每个微通道就其横截面的大小和形状而言是截然不同的。为了简化说明，示出的阵列 30 具有 12 个微通道 32，排列成三行四列。每个微通道 32 的横截面面积为 $w_1 \times w_2$，阵列 30 的横截面面积为 $W_1 \times W_2$。

本发明并不将 w_1 w_2 W_1 W_2 限定成任何特定的值。不过，w_1 和 w_2 可以在几微米到几毫米的范围内，W_1 和 W_2 可以在几毫米到几厘米的范围内。这些大小通常是由可选的制造技术来限制，并且可以根据该阵列的特定应用来选择。

图 2B 示出了图 A 沿线 A 的横截面图。图 2B 的微通道 32 是直的（正如图 2C 所给出的示例所示的那样），但也可以是锥形的（图 2F 和 2H 所示的示例）。

如图 2B 所示，微通道 32 的长度和框架 35 的厚度 t 是相等的。支撑框架 35 的材料可以是但并不限于玻璃、Al、Au、Ni、硅、多晶硅、SiC 和/或 GaAs。框架 35 最好是足够厚的支撑材料以支撑整个阵列 30。入射到阵列 30 的入射光瞳上的光线 33 部分地通过微通道 32 透射过去 34。其余的光线被框架表面 31a 反射和/或吸收了。根据微通道的长度 l 和光束 33 入射到每个微通道 32 的入射光瞳上的入射角，进入微通道 32 的光线可能经历某些反射或根本没有经历反射。

图 2C 示出了横截面面积为 $w_1 \times w_2$、长度为 l 的直微通道的一个示例的透视图 36，该微通道可以被包括在图 2A 的阵列 30 中。每个微通道 32 的内表面是反射的，或涂有像铝、银和/或介质镜（即，像 SiO_2 和 TiO_2 这样的低折射率和高折射率电介质材料的交替层）这样的反射材料。这种内部的反射式涂层可以是冷的镜面涂层，从而导致可以从入射光束 33 中去除部分或全部的红外热能而同时不需要使用透射式的热能过滤器，热能过滤器会使光束中的可见光减少。像溅射、热蒸发或电子束蒸发、电镀这样的沉积技术可以被用来将反射层涂在内部的微通道 32 表面和/或外部的框架表面 31a 和 31b 上。

在阵列 30 内，每个微通道 32 的横截面（即入射光瞳）的大小和形状都可以不受其它微通道 32 的影响。通常，对微通道的入射光瞳的形状是没有限制的。在阵列 30 内，本发明可预期的形状有正方形、三角形、长方形、圆形、椭圆形、或各种形状的组合。另外，整个阵列 30 的横截面（即入射光瞳）可以具有各种大小和形状，它们并不受微通道入射光瞳的各别的大小和形状的影响。

微通道阵列 80 可以是一维的，像图 2I 所示的那样。微通道 82 是在沿 y 轴的一个维度中排列的。在这种情况下，这种阵列 80 沿 y 轴传递着更为均匀的光分布，同时还并不影响沿 x 轴的光线均匀性。

图 2J 示出了具有沿半径 r 排列的微通道环 92 的阵列 90，该阵列能够沿 x 轴和 y 轴传递均匀的光线。

微通道的总横截面面积与阵列的总面积的比值定义了该阵列的微通道密度。例如，图 2A 所示的阵列 30 的微通道密度是（$12 \times w_1 \times w_2$）/（$W_1 \times W_2$）。通过减小 k_1 和/或 k_2，即围绕微通道 32 的框架 31 的面积，便可以增大该比值。

透射光 34 与入射光 33 的比值定义了微通道阵列 30 的透射率。该透射率

随微通道的密度增大而增大，并且当所接收到的光线和/或微通道 32 在阵列面积 $W_1 \times W_2$ 上是均匀分布的时候两者是相等的。

如图 2D 所示，直的微通道 32 的长度 l（较佳地从几微米到几百微米）可以小于框架 35 的厚度 t（较佳地从几百微米到几毫米）。在这种情况下，框架 35 的部分可以制作的足够厚以为整个微通道阵列 30 提供额外的支撑。除了微通道长度 l 小于框架 35 的厚度 t 之外，这种直的微通道的透视图与图 2C 所示的相似。

如图 2E 和 2G 所示，阵列 30 的微通道 32 可以是锥形的，而不一定是直的。图 2F 所示的锥形微通道 32 的入射光瞳 a_1 小于出射光瞳 a_2。在图 2E 中，微通道长度 l 看起来小于 t，但可以延伸到框架 35 的全部厚度 t。

锥形微通道 32 可以像图 2G 和 2H 所示的那样反过来放置，这样锥形微通道 32 的入射光瞳 b_1 就大于出射光瞳 b_2，并且微通道的长度是 $l \leqslant t$。这种类型的微通道阵列所传递的光线的准直性比所接收到的光线要差一些。

在图 2K 到 2N 所示的本发明的可选实施例中，通过使用微管道阵列 130 取代微通道阵列，来进行光线的均匀化和准直。阵列 130 包括固体微管道 132，该管道是由透光性材料制成并具有从光学的意义上讲平滑的后表面和前表面。为了使内全反射（即，全部的入射光量在两种介质的交界面处的反射）都在微管道 132 之内，微管道 132 自身的折射率必须大于围绕着微管道 132 的材料 135 的折射率，并且光线的入射角需要大于临界角。微管道 132 和围绕的材料 135 都可以是透光的，由此允许接收到的光线 33 通过阵列 130 完全透射过去，当然 Fresnel 反射除外。所谓 Fresnel 反射即，在折射率不同的两种介质之间的不连续界面上入射光的一部分的反射。

入射到微管道 132 的入射光瞳上的光线 33 通过内全反射被引导至微管道 132 之内。入射到微管道 132 的入射光瞳之外的光线没有经历内全反射就透射过去。

阵列 130 的微管道 132 可以是直的（图 2L）和/或锥形的（图 2M-2N），它们的长度 $l \leqslant t$。大体上，对微管道阵列 130 的整体形状和大小没有限制，或对阵列 130 内的微管道 132 的形状和大小也没有限制。图 2A-2J 的阵列也是可以通过使用微管道阵列和微通道阵列的组合来实现的。

根据本发明的另一个实施例，发光系统 100 和 200 接收光束 103 和 203，并分别使用图 2E 和 2G 所示的微通道阵列，像图 3A-3B 所示的那样。或者，可以使用图 2M 和 2N 所示的微管道阵列来分别替代图 2E 和 2G 所示的微通道阵列，以实现本实施例的系统 100 和 200。

与 3B 所示的发光系统 200 相比，图 3A 示出的发光系统 100 产生的光束很均匀且更为准直。在图 3A 中，锥角为 θ 的示例性光束 103 是被微通道阵列 105 接收的，该光束来自于装在椭圆形的镜子 101 内的光源 102。微通道阵列 105 使接收到的光束 103 均匀化并使之准直，从而传递出均匀的光束 104 并且所具有的锥角 $\alpha < \theta$ 。

图 3B 所示的发光系统 200 接收锥角为 θ 的光束 203，并产生均匀的且准直性变差的光束 204，该光束 204 的锥角 $\alpha > \theta$ 。

图 3C 示出了使用透射式 LCD（液晶显示）屏 131 的投影系统 125。其它像反射式 LCOS（在硅上的液晶）和 DMD（数字微镜）这样的屏类型也是可以使用的。投影系统 125 包括装在椭圆形的镜子 101 内的光源 102 以及微通道阵列 105，阵列 105 可以使接收到的光束 103 均匀化并使之准直。

如图 3C 所示，光线从微通道阵列 105 中出来，并经过像聚光透镜 127 这样的转像光学系统而透射过去。聚光透镜 127 以重叠的方式将从光波导阵列中输出的光线照射并聚焦到光阀（LCD 屏）131 的图像镜头窗口（入口面）。通过光阀 131 的光束再由像场透镜 128 将其聚焦到投影透镜 132 的孔径上。在光阀 131 上显示的图像再被投影到屏幕 133 上。

图 4A-4B 示出了直的微通道阵列 30 使光束均匀化的过程，还示出了图 2A 沿线 A 的横截面图，其中示例性的接收到的光束是 33，所传递的光束是 34。如图 4A-4B 所示，直的微通道阵列 30 将来自于非均匀光源的光束 33 分成大量的子光束 A-C，其数目与阵列 30 中的微通道 32 的数目相等。为简化说明，将光束 33 视为 10 条光线 1-10，每条光线具有均匀的入射角 θ 。另外，示例性的阵列 30 只有三行微通道 32。阵列 30 可以具有适宜数目的管道或通道，可以多达数十万甚至是数百万个微通道 32 或微管道。

如图 4A-4B 所示，透射过去的光线 34 包括三束子光束 ABC，它们从相应的微通道 32 中出来。子光束 A 包括光线 2 和 3，子光束 B 包括光线 5 和 6，子

光束 C 包括光线 8 和 9。光线 1、4、7 和 10 被框架表面 31a 反射和/或吸收了。根据微通道 32 的长度和光线的入射角 θ /2，每条子光束都在相应的微通道内经历多次反射。子光束 ABC 以锥角 α 从微通道 32 中射出并传播到光阀区域（未示出）之上，产生了均匀性很高的光分布。在这种情况下，光束 34 的锥角 α 等于接收到的光束 33 的锥角 θ 。通过使用图 2E-2F 所示的锥形微通道替代图 2C-2D 所示的直的微通道，便有可能减小锥角 α （即，产生更为准直的光线）。

对于微管道阵列 130 而言，上述讨论适用于考虑到光线在微管道内经历内全反射，而不是反射。

与已知的光波导 10 和 20 相比，本文中所揭示的微通道 30 和微管道 130 阵列至少具有四个优点。首先，微通道 30 和微管道 130 阵列的紧凑性更好，重量更轻。与已知的光波导 10 和 20 的长度相比，这些阵列 30 和 130 的长度（l≤t）在大小方面要小一到三个量级，从而使系统的紧凑性更好、重量更轻。第二点，因这些阵列 30 和 130 形成了大量的虚光源，所以微通道 30 和微管道 130 阵列可以提供均匀性更高的光线。在像光阀区域这样的某一区域上，这些虚光源的像彼此重叠，形成了极为均匀的光分布。第三点，微通道 30 和微管道 130 可以在光源和光阀之间提供更高的耦合效率，从而使光阀更有效地使用光线。在这种情况下，微通道 30 和微管道 130 使传递到光阀的光束的锥角域减小，从而提高了耦合效率。第四点，微通道 30 和微管道 130 阵列可以在集成电路（IC）等中批量生产，从而提供了一种价格便宜的解决方案。

本文中所揭示的微通道和微管道阵列是可以使用各种工艺来制作的，这些可用的工艺包括但不限于：标准光刻，硅表面显微机械加工，硅体显微机械加工，LIGA，HEXSIL，高纵横比结构的电铸，纳米工艺技术，以及这些方法中的两个或更多个的组合。

图 5A-5E 示出了制造微通道阵列 30 的一种示例性的方法。图 5A-5E 示出了沿图 2A 的线 B 示出的用于形成阵列的一种结构的横截面图。

图 5A 示出了第一层 51、绝缘层 52 以及可选的基板 55。层 51 可以用像 Al、Au 和 Ni 这样的金属来制作，但也可以用单晶、多晶或不定形的半导体和/或绝缘材料来制作，比如 Si、SiC、Ge、GaAs、InP、金刚石以及它们的组合。层 52 最好是热生长的氧化硅，但也可以用其它绝缘材料（比如氮化硅）制成，

它们在基板 55 的刻蚀期间可以用作阻挡刻蚀的材料。基板层 55 可以是硅，也可以是但不限于下列材料中的一种或多种的组合：单晶硅，多晶硅，无定形硅，单晶碳化硅，多晶碳化硅，单晶锗化硅，多晶锗化硅，单晶金刚石，多晶金刚石，玻璃，陶瓷，金属（例如，Al、Au 和 Ni），氮化硅，以及氧化硅。

图 5A 所示的结构最好是“硅在绝缘体上”（SOI）结构。对于这样的 SOI 结构，在制作过程中可以使用标准集成电路（IC）制造工具和流程，比如：光刻，活性离子刻蚀（RIE），深度 RIE，掺杂，扩散，退火，离子注入，金属沉积，氧化硅、氮化硅的生长和沉积，等等。

图 5B 示出了图形化的层 53 的横截面图，它界定了微通道阵列。层 53 沉积在层 51 的顶部，并像图 5B 所示的那样被图形化了。制造带有图形的层 53 在对层 51 进行刻蚀的过程中是用作掩模层的。这种掩模层 53 可以是氧化硅、氮化硅、光刻胶或另外适宜的材料。

使用活性离子刻蚀（RIE）或深度活性离子刻蚀（RIE）在没有掩模保护的区域中对层 51 进行刻蚀，图 5C 示出了这种刻蚀之后微通道阵列 57 的横截面图。通过使用像 KOH 这样的湿刻技术或像 DRIE 这样的干刻技术，可选基板层 55 的一部分和掩模层 53 便像图 5D 所示那样已被去除。接下来，通过使用像活性离子刻蚀（RIE）或定时湿刻这种适合的刻蚀技术清理微通道出射光瞳 58，便可以像图 5D 所示的那样除去绝缘层 52。此时，反射层 54 沉积在微通道内壁上以及阵列的前侧上。另外，如图 5E 所示，可将这种反射层涂在阵列的后侧。反射层 54 可以是 Al、Au、银、介质镜，或是金属层和介质镜的组合。沉积技术包括但不限于蒸发、溅射、电镀以及化学汽相沉积。

上述的制造步骤的顺序是可以变化的，并且在制造过程的最后仍然可以获得想要的结构。例如，制造过程的开始可以是先去除可选基板层 55 的一部分，接下来使用湿刻或干刻技术从后侧的刻蚀区域中去除绝缘层 52。在这一阶段，该结构的横截面图便如图 5F 所示的那样。然后，沉积掩模层 53 并像图 5G 所示的那样将其图形化。然后，对层 51 进行刻蚀，除去掩模层 53，接下来像图 5H 所示的那样沉积反射层 54。

如图 6A 和 6B 所示，可以使用其它起始材料来制造微通道阵列。图 6A 示出了生长在 p 型基板 65 的顶部之上的 n 型层 61。图 6B 示出了 n 型层 71、高

掺杂 p 型硅层 72 以及 n 型或 p 型基板 75。层 72 在基板 75 的后侧刻蚀期间用作刻蚀阻挡材料。

对于图 6A 所示的基板而言，制造过程的开始最好开始于，通过使用像电化学 KOH 这样的湿刻方法对可选基板层 65 的一部分进行刻蚀。在电化学 KOH 刻蚀过程中，一层 61 是偏置的，这是为了在第二层 65 的刻蚀过程期间保护层 61。在这种情况下，如图 6C 所示，刻蚀过程除去层 65 的一部分并停止在 n 型硅层 61 处。如果高掺杂层 p 型层 72（图 6B）还存在，则电化学 KOH 刻蚀将不再是必要的，有规律的 KOH 刻蚀将像图 6D 所示的那样停止在层 72 处。

另外，起始材料可包括像图 6E 所示的 p 型或 n 型硅这样的单层 81。在这种情况下，微通道的长度将等于基板厚度，并且没有必要从基板的后侧除去部分材料。

或者，如图 6F 所示，通过使用定时湿或干蚀技术，可以除去基板的一部分，以允许制造出长度 l 小于基板厚度 t 的微通道。定时刻蚀便不再需要刻蚀阻挡层。此时，图 5G-5H 中所描述的制造步骤可以被用来完成图 6C-6F 所示的结构的制造过程。

图 7A-7D 示出了微管道阵列 130 的制造步骤。图 7A 示出了透光基板 150 沿图 2K 的线 B 的横截面图。基板的顶侧和底侧可以涂有防反射的层，以减小 Fresnel 反射并提高光线的透射效率。

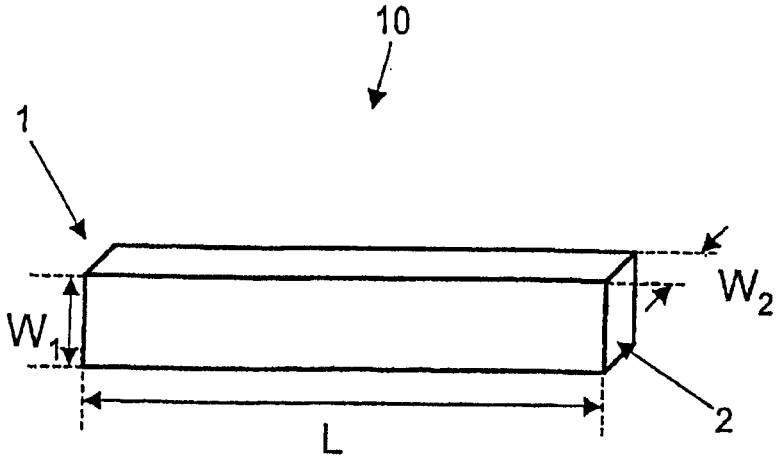
如图 7B 所示，像氧化硅、氮化硅或光刻胶这样的层 151 沉积在基板 150 的顶部并被图形化。这种图形化的层 151 定义了微管道阵列 130。离子注入和/或扩散的步骤是按顺序进行的，从而使离子穿过层 151 没有覆盖的区域中的基板表面 150 到达小于基板 150 厚度 t 的深度 l。在注入或扩散过程中，层 151 用作注入或扩散阻挡物，以防止离子穿透位于层 151 以下的基板 150 的区域。然后去除层 151，从而产生像图 7D 所示的微管道阵列 130。与基板 150 的非注入区域相比，这些注入区域 155 的折射率变小了。

像磷、硼、氮这样的范围很广的元素都可以注入或扩散到基板 150 的非掩模区域中。例如，有可能最初在室温时使用离子注入，把想要的材料注入到基板中，并到达基板表面之下一定的深度。然后，将该基板加热到高温（例如，700 到 1200°）以使所注入的材料扩散到更深的地方。或者，可以把像 Al 和

Ni 这样的某些材料涂在基板上并使之图形化，然后将该基板加热到高温，使所涂的/图形化的材料扩散到基板中，从而不再需要掩模/阻挡层。

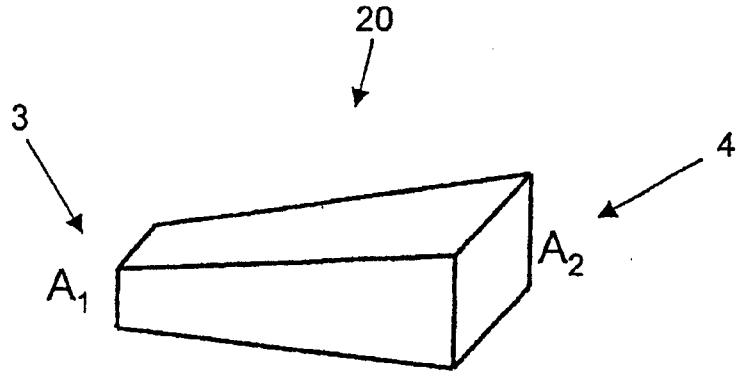
本文中所揭示的微通道和微管道阵列具有广泛的应用，这些应用包括但不限于像投影 TV 这样的投影显示器、数字电视、家庭影院和监控器，用在游戏操纵台中的直视显示器和微显示器、便携式摄像机、照相机、手机、网络用具、头戴式耳机及听筒，光刻与光掩模生产设备，激光热处理，显微镜方法，纤维光学照明，医用器械与便携式病人监控器，GPS/导航部件，汽车仪表板上的指示器，条形码扫描器和测试测量设备。

尽管已示出并描述了本发明的若干具体的实施例，但对于本领域的技术人员而言很明显的是，本发明可以在多方面进行修改，并可以假定除上文已具体描述过的实施例之外还有许多其它的实施例。因此，本发明的范围是由所附的权利要求书来指明，并且旨在包括所有落在等价方案的意义和范围之中的变化。



现有技术

图 1A



现有技术

图 1B

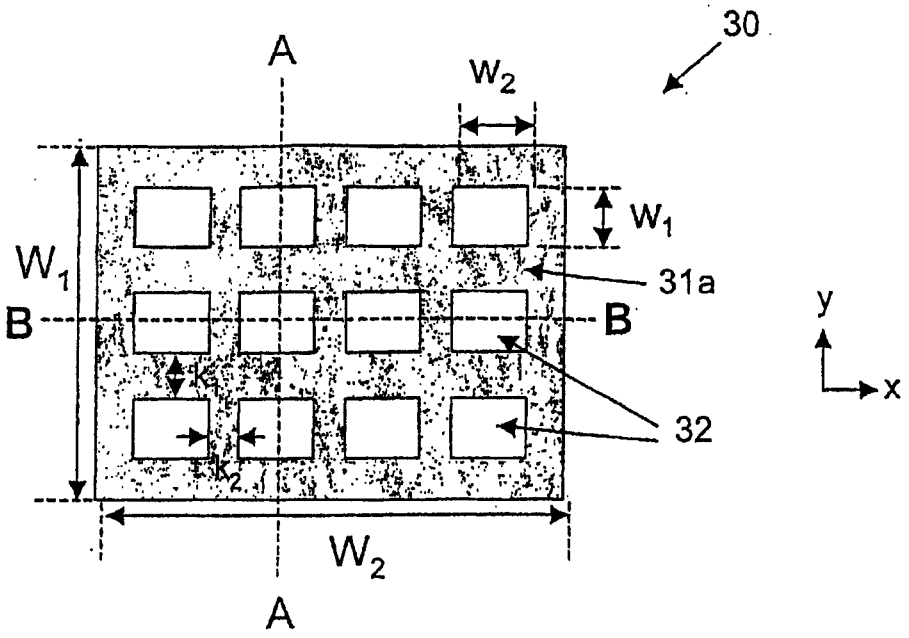


图 2A

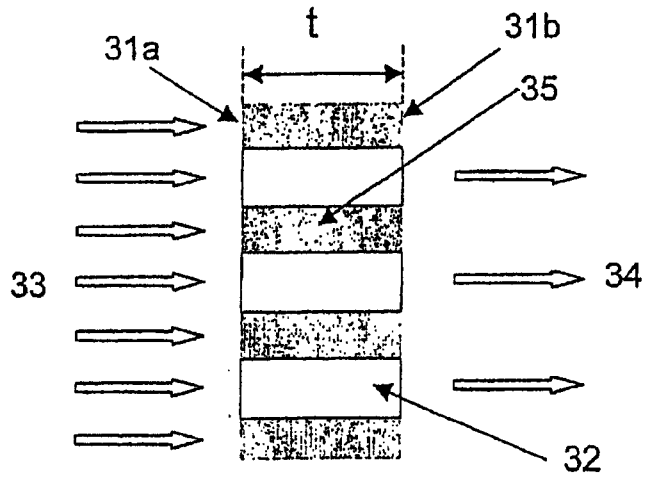


图 2B

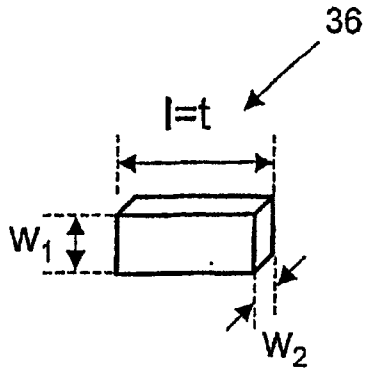


图 2C

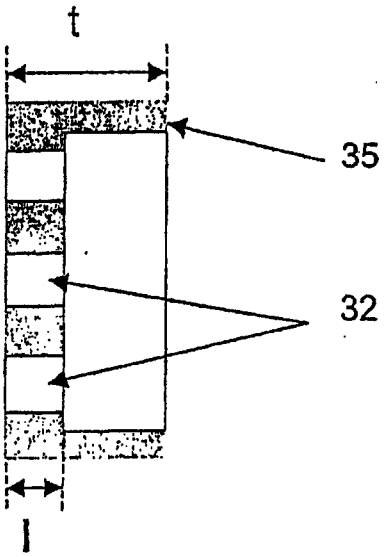


图 2D

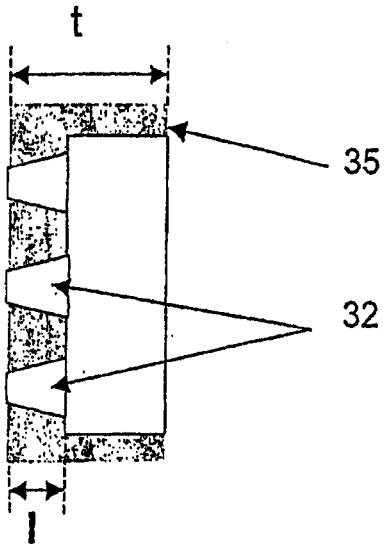


图 2E

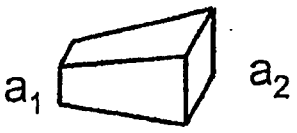


图 2F

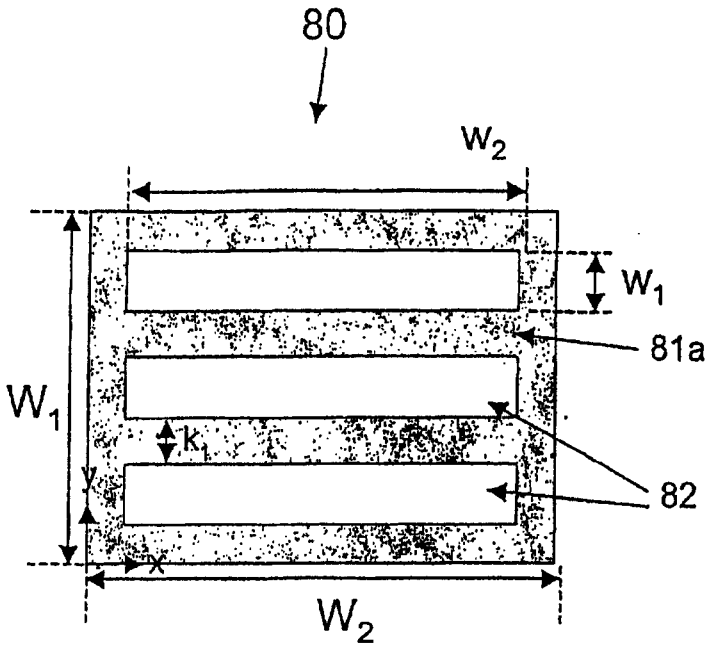


图 2I

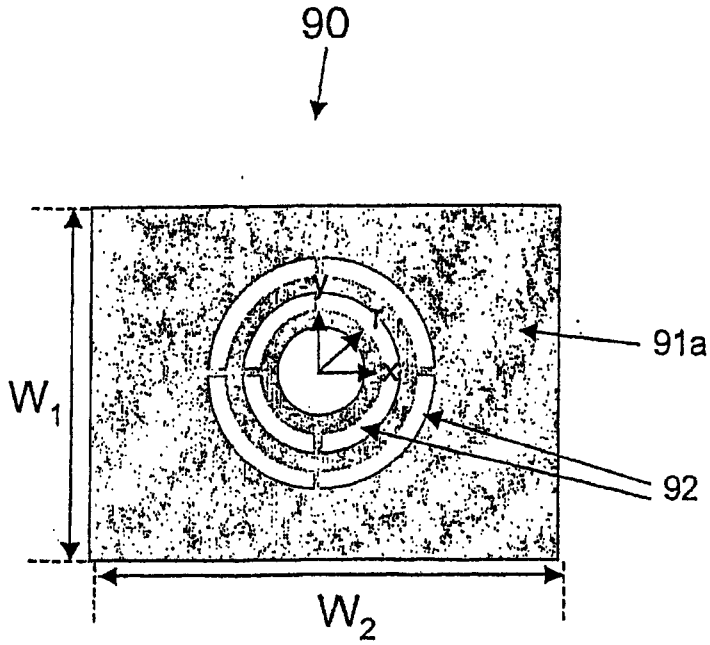


图 2J

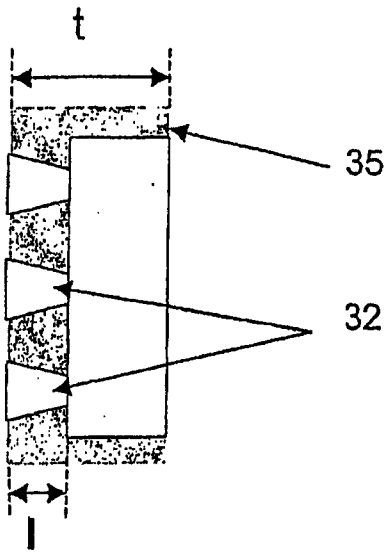


图 2G

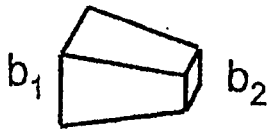


图 2H

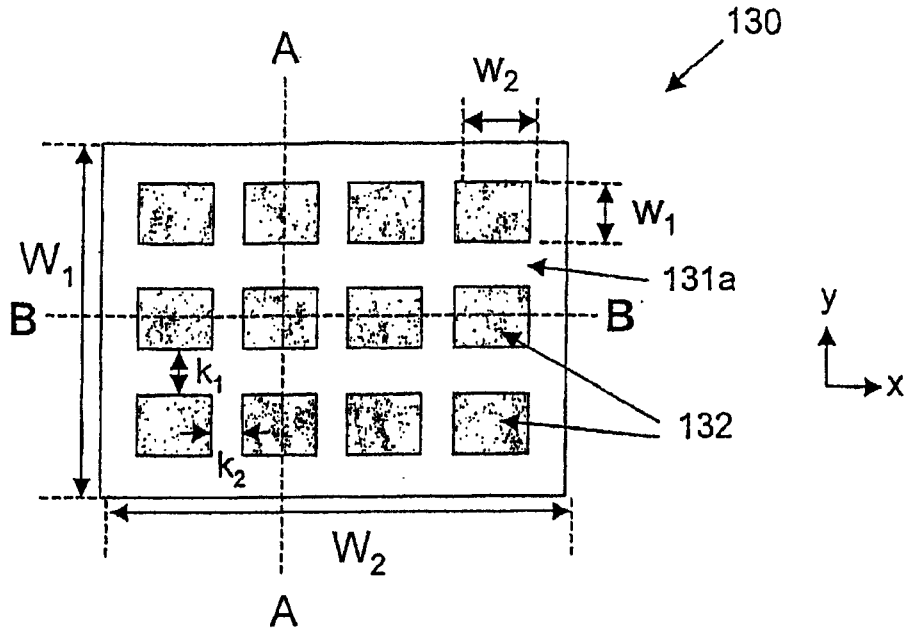


图 2K

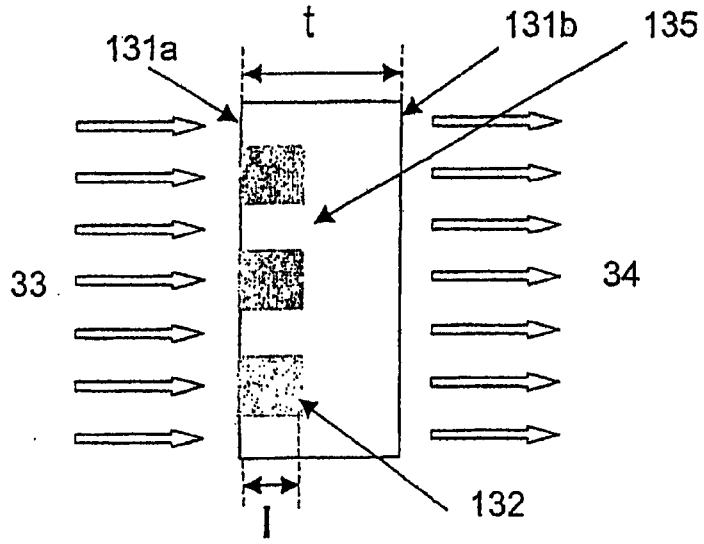


图 2L

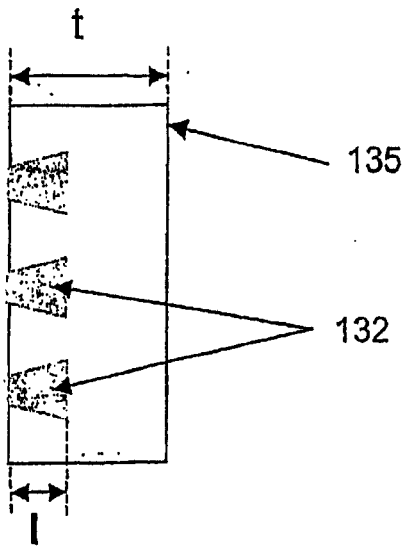


图 2M

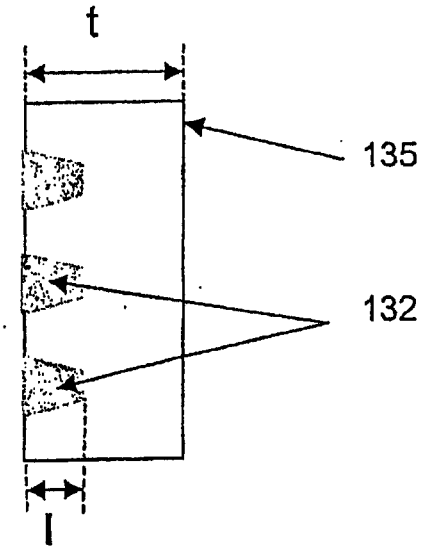


图 2N

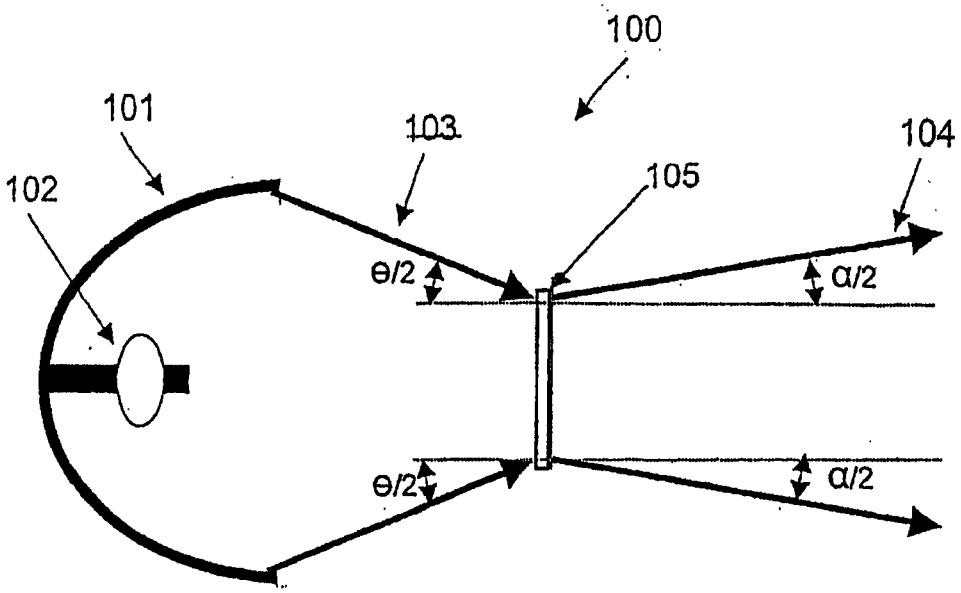

100
101
102
103
104
105
θ/2
α/2
θ/2
α/2

图 3A

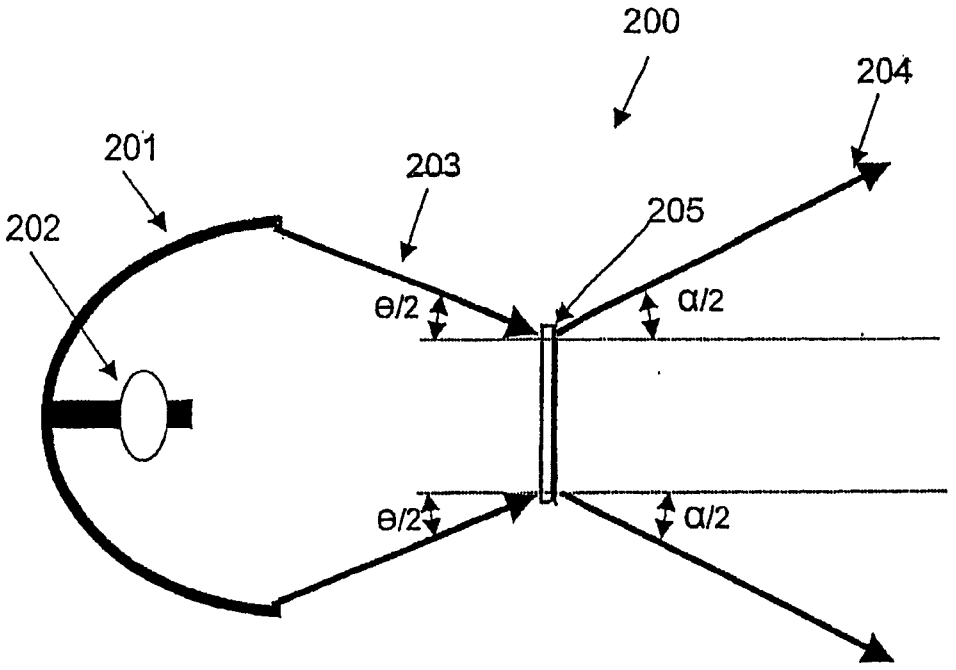

200
201
202
203
204
205
θ/2
α/2
θ/2
α/2

图 3B

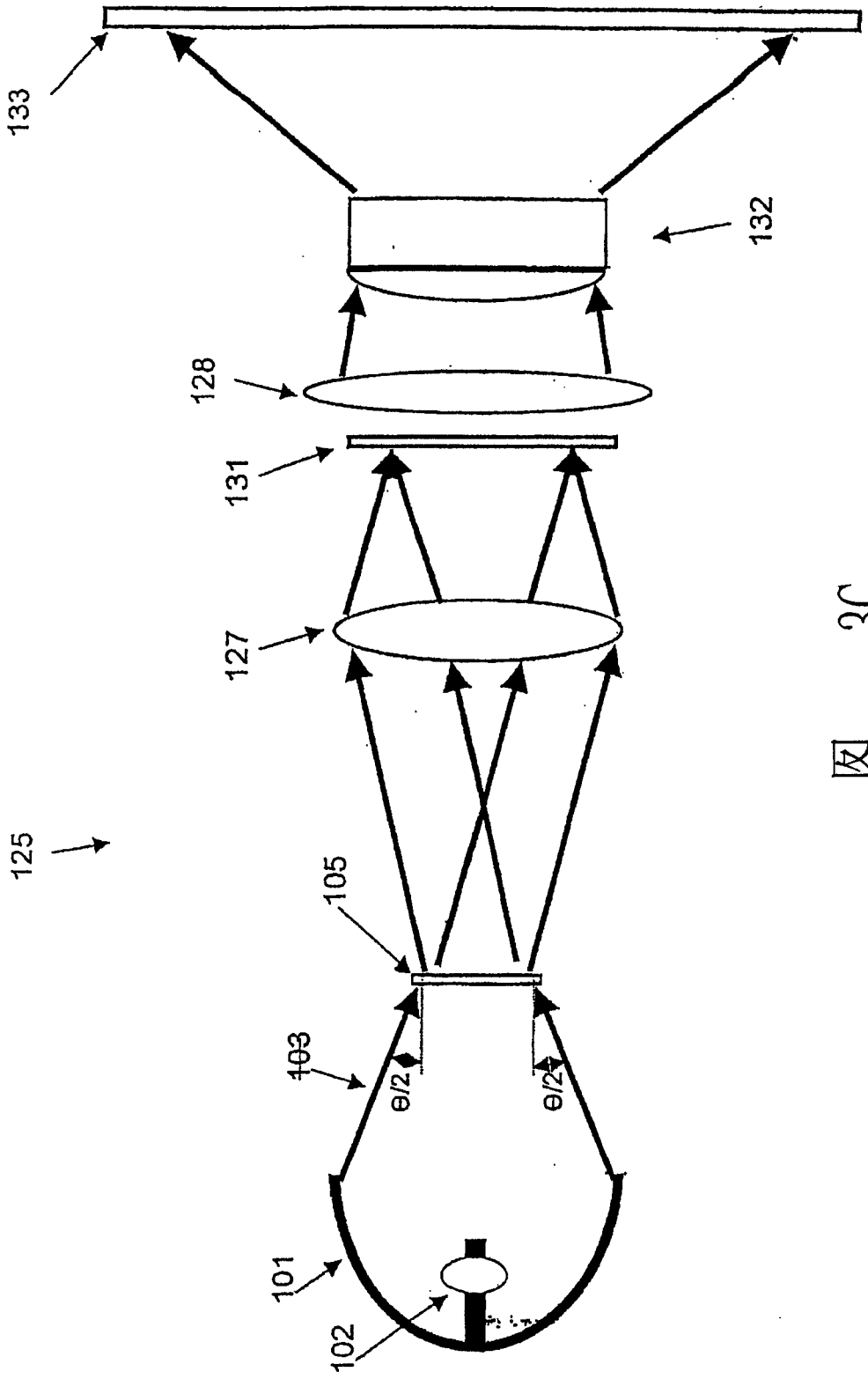


图 3C

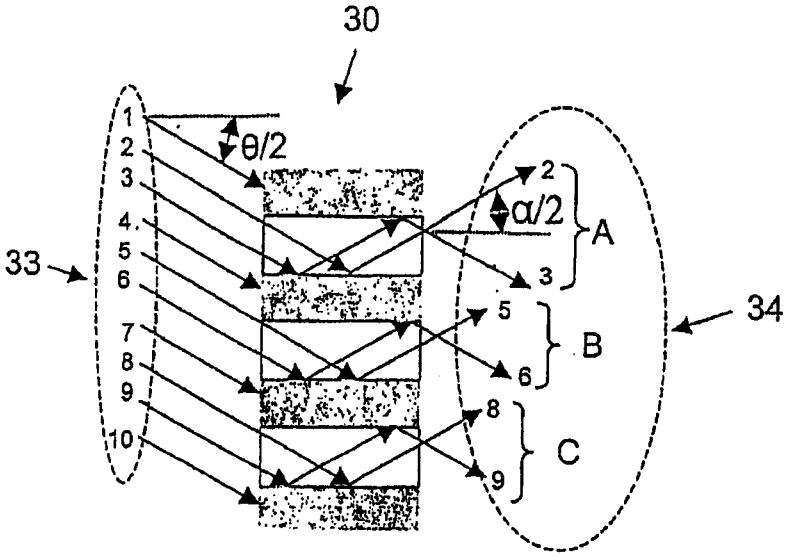


图 4A

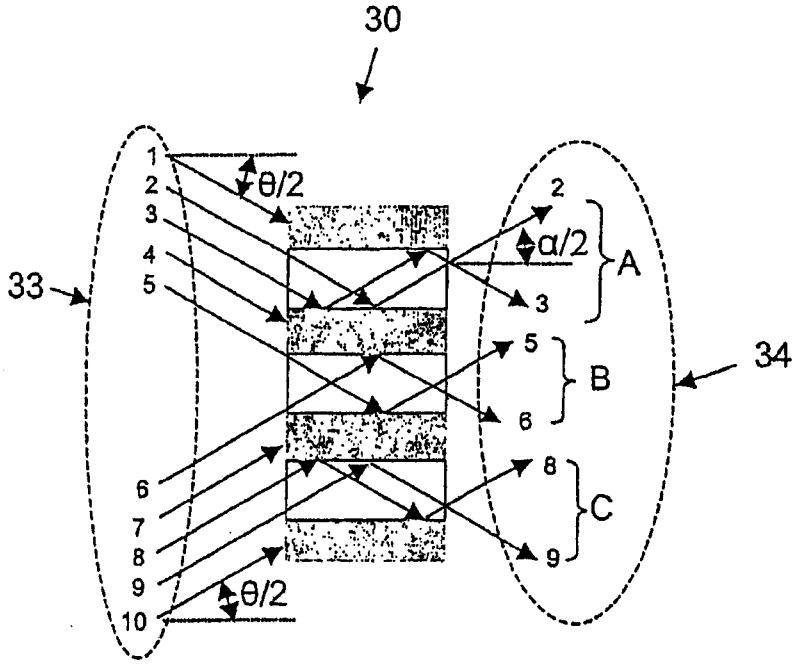


图 4B

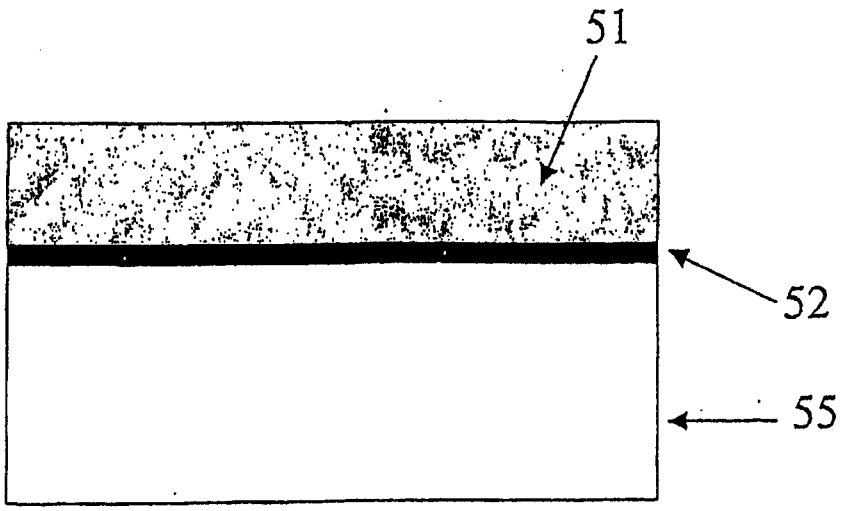


图 5A

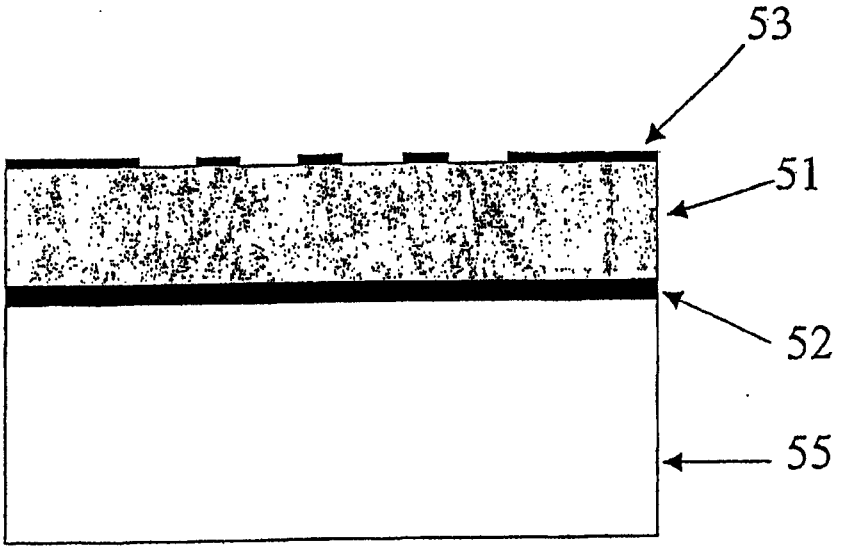


图 5B

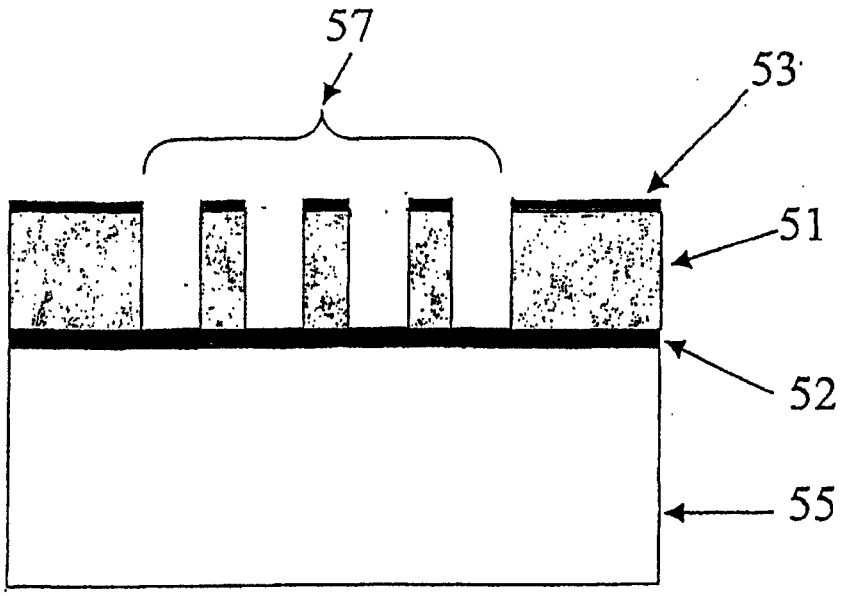


图 5C

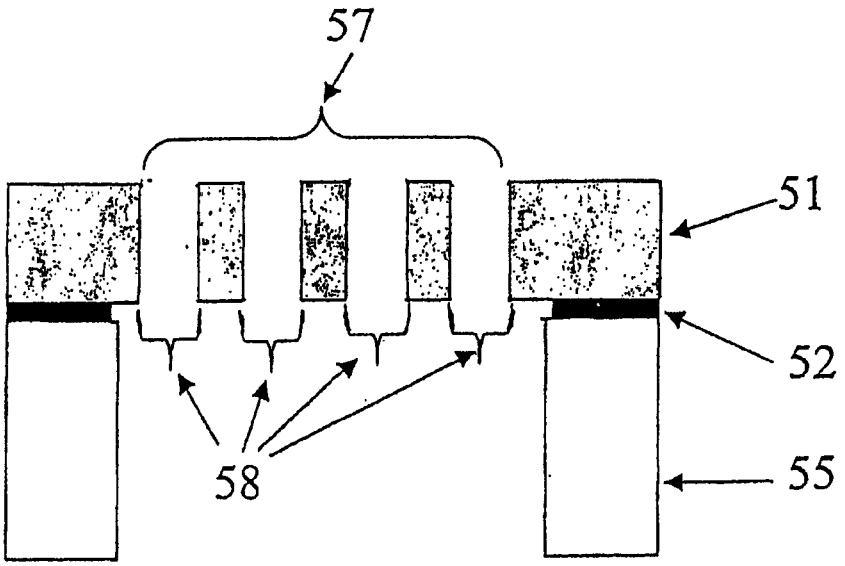


图 5D

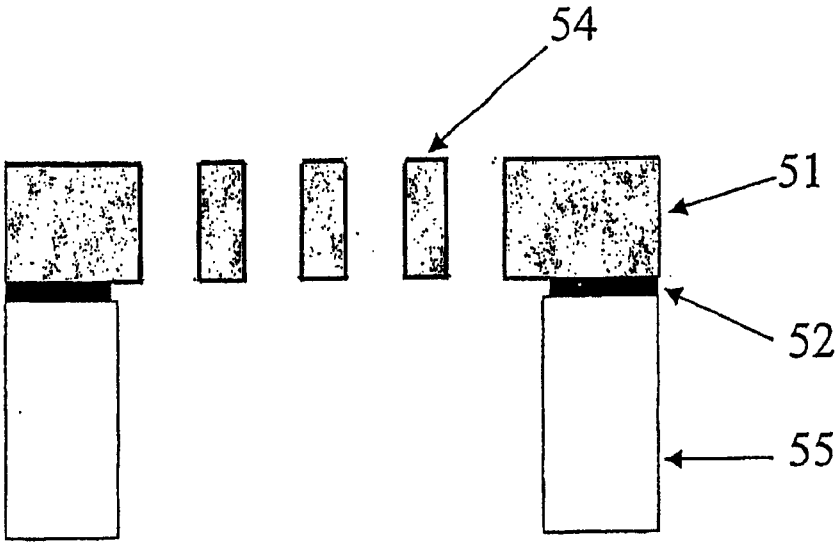


图 5E

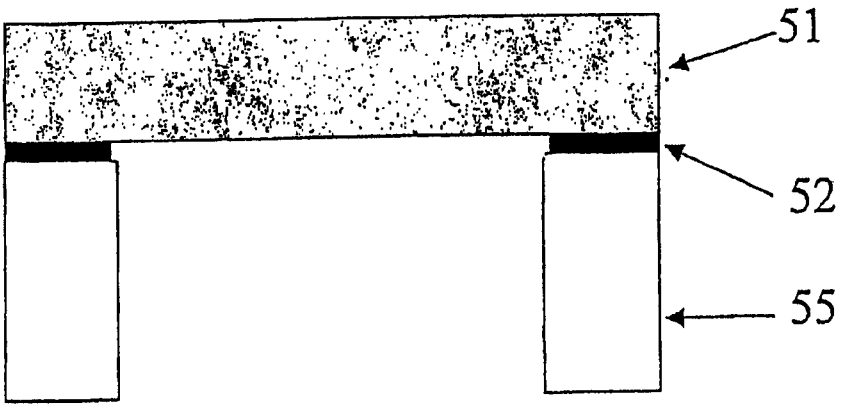


图 5F

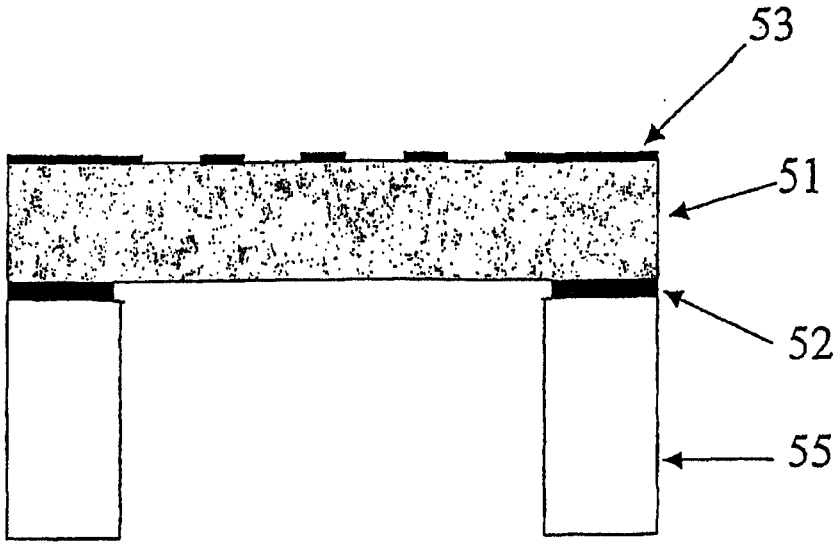


图 5G

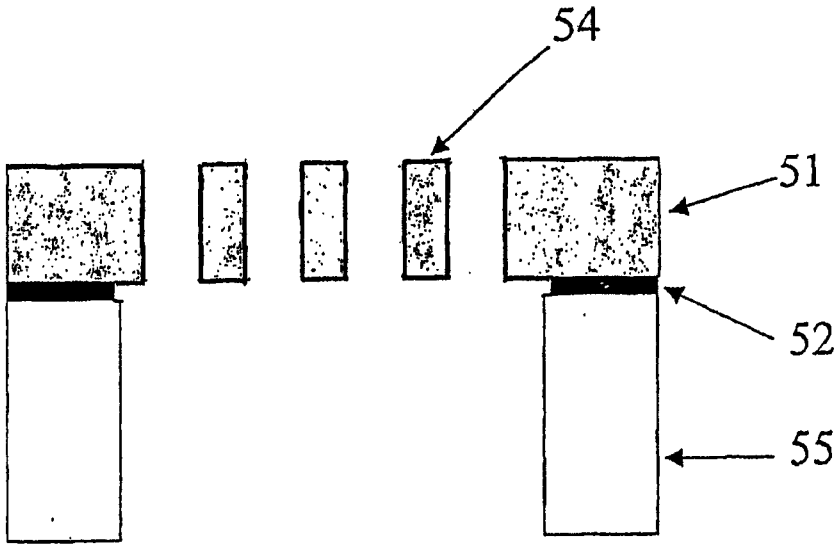


图 5H

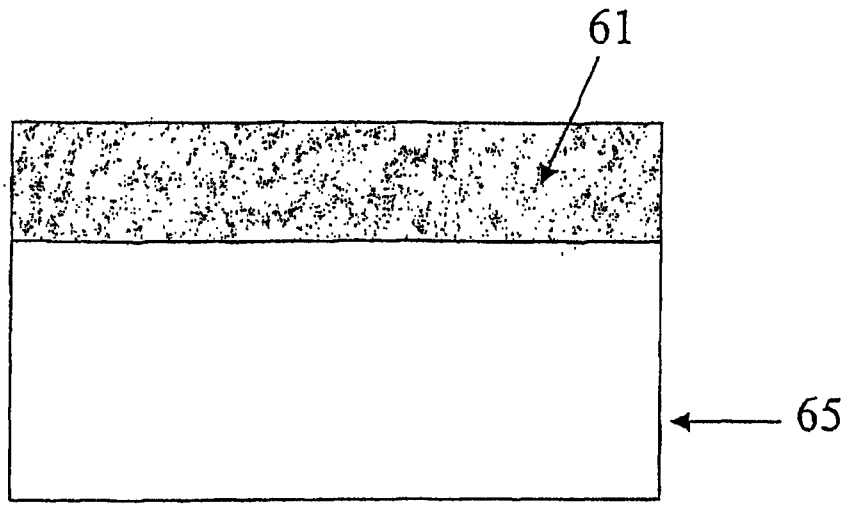


图 6A

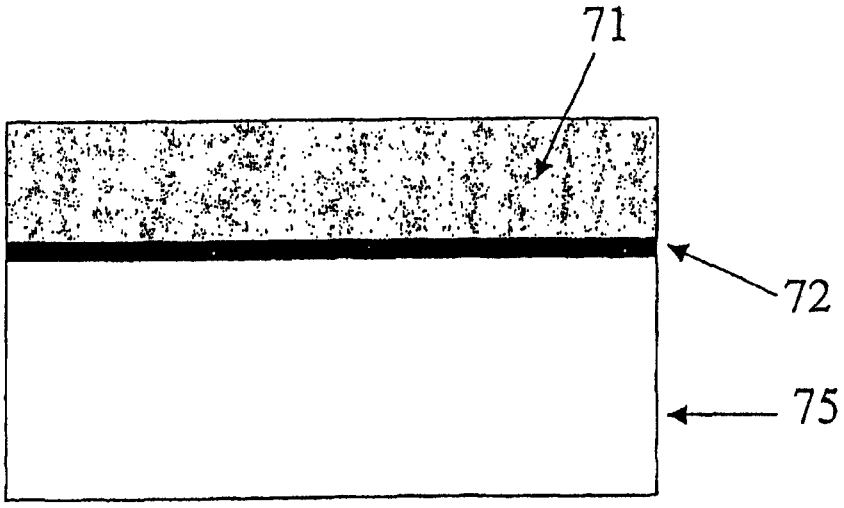


图 6B

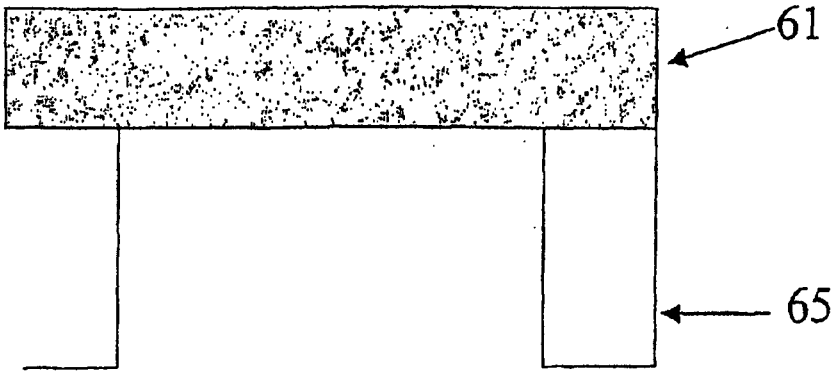


图 6C

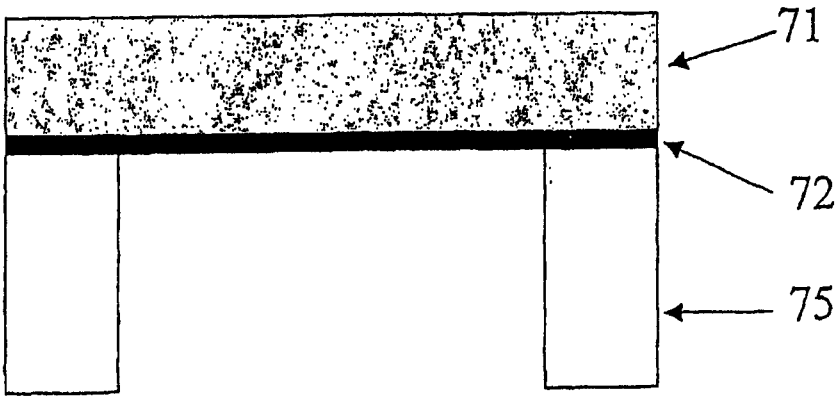


图 6D

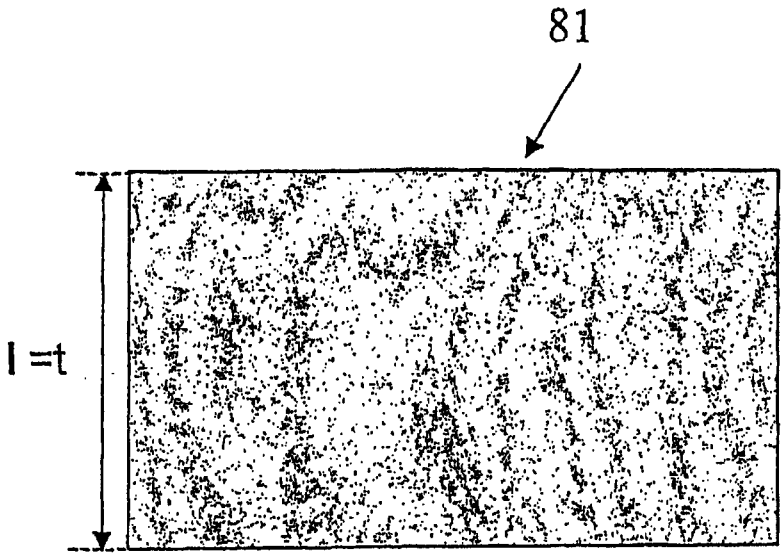


图 6E

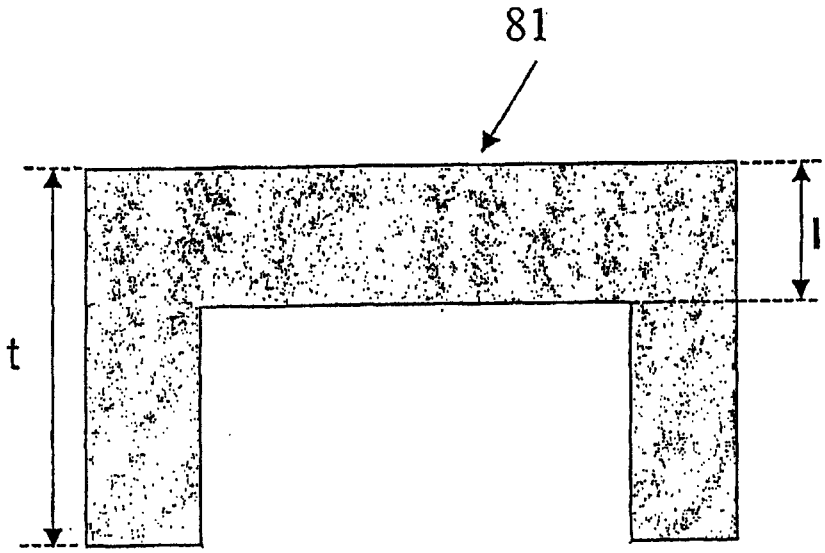


图 6F

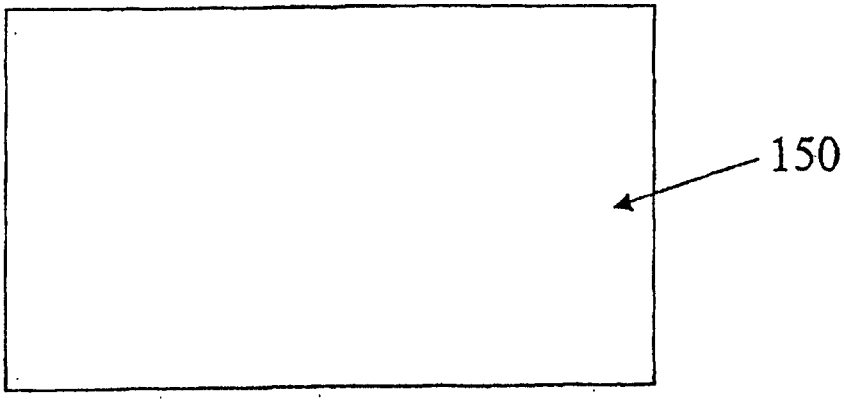


图 7A

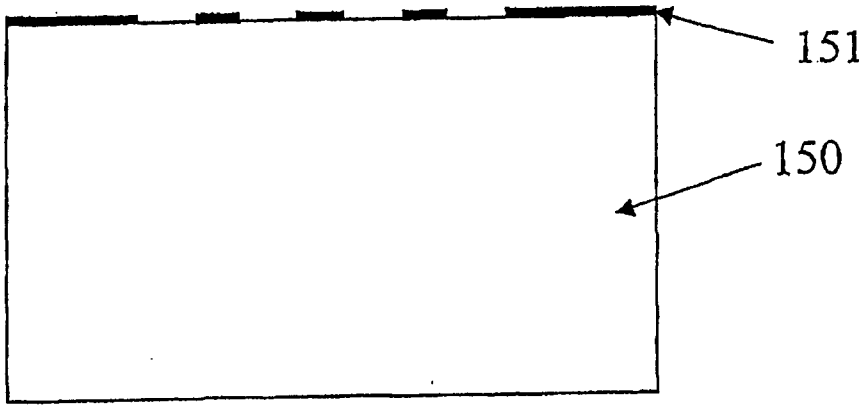


图 7B

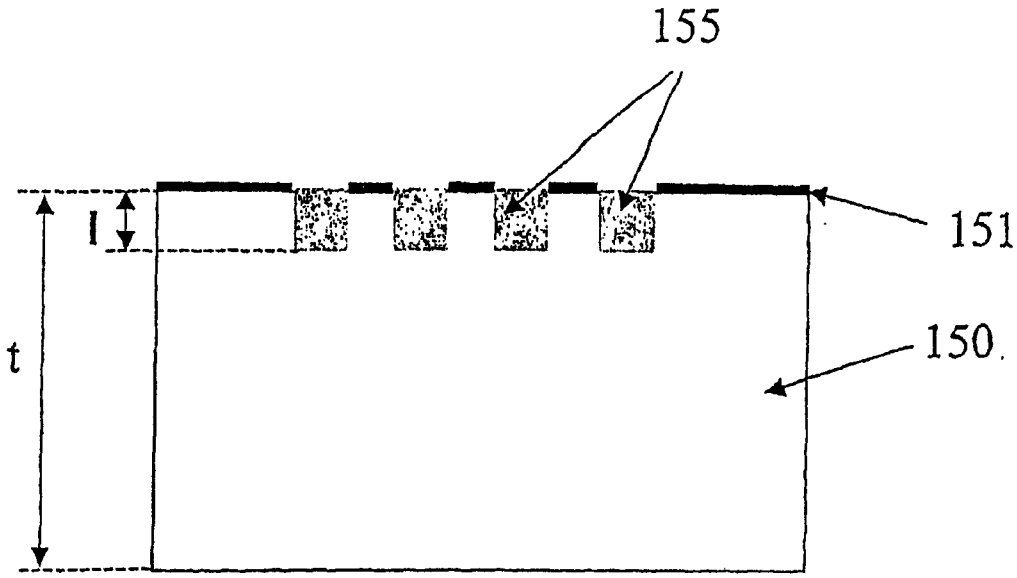


图 7C

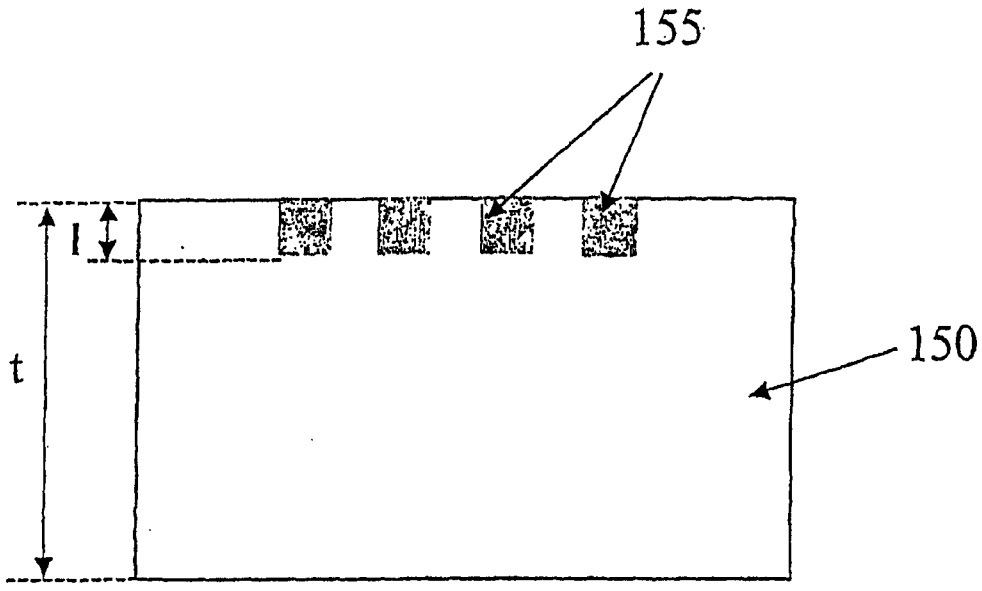


图 7D