

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B41J 2/05

B41J 2/045

B81B 7/02

B81B 7/04



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02829149.2

[43] 公开日 2005 年 6 月 15 日

[11] 公开号 CN 1628032A

[22] 申请日 2002.8.29 [21] 申请号 02829149.2

[30] 优先权

[32] 2002. 6. 28 [33] US [31] 10/183,174

[86] 国际申请 PCT/AU2002/001163 2002. 8. 29

[87] 国际公布 WO2004/002745 英 2004. 1. 8

[85] 进入国家阶段日期 2004. 12. 16

[71] 申请人 西尔弗布鲁克研究有限公司

地址 澳大利亚新南威尔士州

[72] 发明人 卡·西尔弗布鲁克

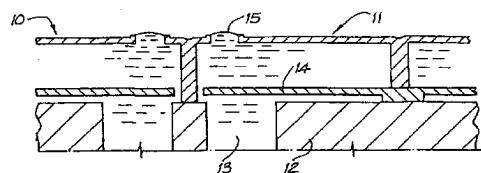
[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司
代理人 朱登河 王学强

权利要求书 3 页 说明书 19 页 附图 42 页

[54] 发明名称 具有预定微电子机械系统高度的喷墨打印头芯片

[57] 摘要

一种包括一个晶片衬片(12)的喷墨打印头芯片。一个CMOS驱动电路层置于晶片衬片上。多个喷嘴装置置于晶片衬片和CMOS驱动电路层上。每个喷嘴装置包括喷嘴腔壁和一个顶壁，所述喷嘴腔壁和顶壁确定一个喷嘴腔和一个确定于所述顶壁中的喷墨口(35)。一个微电子机械致动器(14)连接到CMOS驱动电路层。所述致动器具有至少一个可移动构件(14)，所述可移动构件定位为在从驱动电路层接收到一个信号时作用于喷嘴腔中的墨而使得喷墨口喷墨。所述可移动构件与CMOS驱动电路层间隔2微米至15微米。



1. 一种喷墨打印头芯片，其包括
一个晶片衬片，
一个置于该晶片衬片上的 CMOS 驱动电路层，和
5 多个置于所述晶片衬片和所述 CMOS 驱动电路层上的喷嘴装置，每个
喷嘴装置包括

喷嘴腔壁和一个顶壁，所述喷嘴腔壁和顶壁确定一个喷嘴腔和
一个确定于所述顶壁中的喷墨口，以及

10 一个微电子机械致动器，所述微电子机械致动器连接到所述
CMOS 驱动电路层，并且具有至少一个可移动构件，所述可移动构件定位
为在从驱动电路层接收到一个信号时作用于喷嘴腔中的墨以从喷墨口喷
墨，所述可移动构件或者各可移动构件与所述 CMOS 驱动电路层间隔 2 微
米至 15 微米。

15 2. 如权利要求 1 所述的喷墨打印头芯片，其中，各喷嘴装置的所述
至少一个可移动构件与所述 CMOS 驱动电路层间隔 5 微米至 12 微米。

3. 如权利要求 2 所述的喷墨打印头芯片，其中，各喷嘴装置的所述
至少一个可移动构件与所述 CMOS 驱动电路层间隔 6 微米至 10 微米。

4. 如权利要求 1 所述的喷墨打印头芯片，其中，各喷嘴装置的喷嘴
腔壁和顶壁构造为所述喷嘴腔在平面和横截面上大体呈矩形，每个可移
20 动构件是平坦的而且为矩形并跨越其相应喷嘴腔的长度，可移动构件的一
个自由端布置在 CMOS 驱动电路层与喷墨口之间，而可移动构件的相对
端锚着至 CMOS 驱动电路层，可移动构件包括一个与所述 CMOS 驱动电路
层导电连接的加热电路，可移动构件构造为：当加热电路从 CMOS 驱动电
路层接收到一个信号时，可移动构件由于不均匀膨胀而向喷墨口移动，
25 而当信号终止时由于不均匀收缩而远离喷墨口移动。

5. 如权利要求 1 所述的喷墨打印头芯片，其中，可移动构件包括一个由导电材料制成的致动臂，所述致动臂构造为确定一个连接到所述

CMOS 驱动电路层的加热电路，并且构造为当从 CMOS 驱动电路层接收到一个电信号时，致动臂由于不均匀膨胀而向晶片衬片偏转，并且喷嘴腔壁的至少一部分和喷嘴腔的顶壁连接到所述致动臂上，从而，当致动臂向晶片衬片偏转时，墨从确定在顶壁中的喷墨口喷出。

5 6. 一种包括多个如权利要求 1 所述的打印头芯片的喷墨打印头。

7. 一种制造喷墨打印头芯片的方法，所述喷墨打印头芯片具有：一个晶片衬片、一个置于晶片衬片上的 CMOS 驱动电路层、和多个置于晶片衬片和 CMOS 驱动电路层上的喷嘴装置，每个喷嘴装置包括喷嘴腔壁、一个顶壁、以及一个连接到所述 CMOS 驱动电路层的微电子机械致动器，所述喷嘴腔壁和顶壁确定一个喷嘴腔和一个确定于所述顶壁中的喷墨口，所述微电子机械致动器具有至少一个可移动构件，所述可移动构件定位为在从驱动电路层接收到一个信号时作用于喷嘴腔中的墨使得从喷墨口喷墨，所述方法包含以下步骤：

15 在 CMOS 驱动电路层上沉积一个厚为 2 微米至 15 微米的第一牺牲材料，以便为致动器材料层确定沉积区域，

在所述沉积区域上沉积所述的致动器材料层，

蚀刻致动器材料层，以形成各微电子机械致动器的至少一部分，以及

通过沉积和蚀刻工艺中的至少之一形成喷嘴腔壁以及顶壁。

20 8. 如权利要求 7 所述的方法，其中，所述沉积第一牺牲材料的步骤为在 CMOS 驱动电路层上沉积 5 微米至 12 微米的第一牺牲材料。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其中，所述沉积第一牺牲材料的步骤为在 CMOS 驱动电路层上沉积 6 微米至 10 微米的第一牺牲材料的步骤。

25 10. 如权利要求 7 所述的方法，其中，形成各喷嘴装置喷嘴腔壁以及顶壁的步骤包括以下步骤：

在致动器材料层上沉积第二牺牲材料层以便为所述喷嘴腔壁的至少一部分以及所述顶壁确定一个沉积区域，在所述沉积区域上沉积一种结

构材料，以及

蚀刻所述结构材料，以形成所述顶壁和所述喷嘴腔壁的至少一部分。

具有预定微电子机械系统高度的喷墨打印头芯片

技术领域

5 本发明涉及喷墨打印，特别是，本发明涉及具有预定微电子机械系统
高度的喷墨头芯片。

技术背景

10 在已经发明的许多不同类型的打印中，有许多现在还在使用。已知形
式的打印机可以通过各种方法用相关的记录介质在打印介质上留下痕
迹。常用的打印形式包括偏移打印、激光打印和复印装置、点阵型击打
式打印机、热敏纸打印机、微缩胶片记录器、热腊打印机、染料升华打
印机和喷墨打印机，后两者都是按需滴入且连续流动类型的。在考虑价
格、质量、可靠性、结构简单性和操作等等时，每个类型的打印机都有
15 其自身的优点和缺点。

近年来，主要由于其价廉和通用的性质，喷墨打印机领域，其中每个单个墨的像点来源于一个或者多个喷墨嘴，越来越受欢迎。

已经发明了许多不同的喷墨打印机技术。对于此领域的统计调查可以
参见 J Moore 的文章，“Non-impact Printing: Introduction and
20 Historical Perspective” Output Hard Copy Devices，编辑为 R Dubeck
和 S Sherr，207-220 页（1988）。

喷墨打印机本身有许多不同的类型。在喷墨打印中采用连续流看起来
可以至少追溯到 1929 年，其中，在 Hansell 发表的美国专利 1941001 号
中公开了一种简单形式的连续流静电喷墨打印机。

25 Sweet 发表的美国专利 3596275 也公开了一种连续流喷墨打印机工
艺，其中包括了一利用高频静电场调制喷墨流因而引起墨滴分离的步骤。
几个制造厂商，包括 Elmjet 和 Scite 公司（还可以参考 Sweet 等的美国

专利 3373437 号), 现在还在使用该技术。

压电喷墨打印机也是一种常用的喷墨打印机装置。压电系统由 Kyser 等在美国专利 3946398 (1970) 中公开, 所述压电系统采用一个隔膜式的操作, Zolten 在美国专利 3683212 (1970) 中公开了一种挤压式操作的 5 压电晶体, Stemme 在美国专利 3747120 (1972) 中公开了一种弯曲式的压电操作, Howkins 在美国专利 4459601 中公开了一种压电推压式的喷墨流致动, 而 Fischbeck 在美国专利 4584950 中公开了一种剪切式类型的压电换能器元件。

近来, 热喷墨打印成为了一种极受欢迎的喷墨打印形式。这种喷墨打 10 印技术包括由 Endo 等在 GB2007162 (1979) 和 Vaught 等在美国专利 44900728 中公开的技术。以上提到的两个参考都公开了依赖于电热致动器的驱作的喷墨打印机技术, 电热致动器的驱动导致在一个狭窄的空间内, 譬如一个喷嘴中, 产生一个气泡, 这从而引起通过一个连接到所述狭窄空间的孔隙向一个相关联的打印介质上喷墨。制造厂商譬如佳能 15 和惠普生产利用电热致动器的打印装置。由以上所述可见, 现有不同类型的打印技术。理想地, 一种打印技术应当具有许多有利的特性。这包括廉价的结构和操作, 高速操作, 安全和连续的长期操作等等。在成本、速度、可靠性、电耗、结构简单性、操作、耐用和耗材领域, 每种技术都可能具有各自的优点和缺点。

20 在美国专利申请 USSN 09/112, 767 中公开有一种以微电子机械系统 (MEMS) 装置为基础的打印技术。特别是公开了一种含有 MEMS 装置的打印装置。还公开了制造所述机械装置的方法。

MEMS 装置的制造以集成电路制造技术为基础。非常一般地, 在一个晶片衬片上沉积一个牺牲材料层。然后在该牺牲材料层上沉积一个功能层。在所述功能层上形成图案以形成一个 MEMS 部件。然后去掉牺牲层以 25 释放 MEMS 部件。

本申请人发现 MEMS 芯片的形状非常重要。部件需要移动。因此, 所

述形状必须为部件的移动提供足够的间隔。这意味着，诸如喷嘴腔之类的零件必须足够深，以提供置于喷嘴腔中的致动器的功能性移动。

然而，问题与深的形状联系在一起。该问题显示于图 A 和图 B 中。在图 A 中显示了一个衬片 1，该衬片带有一个置于其上的牺牲材料层 2。

5 一个问题立即显露出来。在腔 4 的侧壁 2 和底面 3 上均匀的沉积是极其困难的。沉积工艺的流体动力学是这个问题的主要原因。结果，腔 4 内部牺牲材料的一部分在侧壁 2 内逐渐变细。

牺牲材料的准确蚀刻依赖于在层 2 上的高度图像聚焦。可以看出，由于腔 4 的深度，这种聚焦可能在腔 4 中失去。这造成腔 4 内的劣质蚀刻。

10 使用一种分步骤蚀刻的蚀刻装置。这些步骤的深度通常是 1 微米。因此，每个分步的工艺会一次去除 1 微米的牺牲材料。如从图 B 可以看出，一旦去除了层 2 的一个要求部分，会在腔 4 中留下一个部分。这称为脉道 (stringer) 5。可以看出，脉道 5 难于去除，因此它是一个不希望的结果。

15 本申请人构思了本发明用来提供一种打印头芯片，所述打印头含有 MEMS 部件，MEMS 部件与晶片衬片间隔开一个预定的距离，从而可以获得足够的喷墨。所述的预定距离使得芯片形状避免了上述的问题。

发明内容

20 根据本发明的第一个方面，提供一种喷墨打印头芯片，所述喷墨打印头芯片包括：

一个晶片衬片，

一个置于晶片衬片上 CMOS 驱动电路层，和

多个置于晶片衬片和 CMOS 驱动电路层上的喷嘴装置，每个喷嘴装置

25 包括：

喷嘴腔壁和顶壁，所述喷嘴腔壁和顶壁确定了一个喷嘴腔和一个所述顶壁中的喷墨口；以及

一个微电子机械致动器，所述致动器连接到所述 CMOS 驱动电路层，并且具有至少一个可移动构件，所述可移动构件的布置使得在从驱动电路层接收到一个信号时，作用在喷嘴腔中的墨上使得墨从喷墨口喷出，所述可移动构件，或者每个可移动构件与所述 CMOS 驱动电路层的间隔在 2 微米至 15 微米之间。
5

每个喷嘴装置的至少一个可移动构件可以与所述 CMOS 驱动电路层间隔 5 微米至 12 微米。特别是，每个喷嘴装置的至少一个可移动构件可以与所述 CMOS 驱动电路层间隔 6 微米至 10 微米。

每个喷嘴装置的喷嘴腔壁和顶壁可以设计成这样，使得喷嘴腔在一个平面和横截面上大体呈矩形。每个可移动构件可以是平面的和矩形的，跨越相应喷嘴腔的长度。可移动构件的一个自由端可以布置在 CMOS 驱动电路层与喷墨口之间。可移动构件相对的一端可以锚着在 CMOS 驱动电路层上。可移动构件可以包括一个加热电路，该加热电路导电地连接到所述的 CMOS 驱动电路层。设计可移动构件使得当从 CMOS 驱动电路层接收一个信号时，作为不均匀膨胀的结果，可移动构件向喷墨口移动，并且当信号终止时，作为不均匀收缩的结果，可移动构件从喷墨口移开。
10
15

取而代之，可移动构件可以包括一个由导电材料构成的致动臂，所述致动臂确定一个加热电路，所述加热电路连接到所述 CMOS 驱动电路层，并且它的构造使得当从 CMOS 驱动电路层接收一个信号时，作为不均匀膨胀的结果，致动臂向晶片衬片偏转。喷嘴腔的顶壁和喷嘴腔壁的至少一部分可以连接到所述致动臂上，从而，当向致动臂向晶片衬片偏转时，墨从顶壁中的喷墨口喷出。
20

本发明延伸到一种喷墨打印头芯片，它包括多个如上所述喷墨打印头芯片。

25 根据本发明的第二个方面，提供一种制造一种喷墨打印头芯片的方法，所述喷墨打印头芯片具有：一个晶片衬片；一个置于晶片衬片上 CMOS 驱动电路层，和置于晶片衬片和 CMOS 驱动电路层上的多个喷嘴装置，每

一个喷嘴装置包括喷嘴腔壁和一个顶壁，所述喷嘴腔壁和顶壁确定一个喷嘴腔和一个所述顶壁中的喷墨口以及一个微电子机械致动器，所述微电机致动器连接到所述 CMOS 驱动电路层，并且具有至少一个可移动构件，布置所述可移动构件使得它在从驱动电路层接收到一个信号时，作用在
5 喷嘴腔中的墨上使得墨从喷墨口喷出，所述方法包括步骤：

在 CMOS 驱动电路层上沉积一个 2 微米至 15 微米的第一牺牲材料层，以便为一个致动器材料层确定沉积区域，

在所述沉积区域上沉积所述的致动器材料层，

蚀刻致动器材料层，以形成每个微电子机械致动器的至少一部分，
10 以及

通过至少一个沉积和一个蚀刻工艺形成喷嘴腔壁和顶壁。

所述方法可以包括在 CMOS 驱动电路层上沉积一个 2 微米至 15 微米的第一牺牲材料层的步骤。特别是，所述方法可以包括在 CMOS 驱动电路层上沉积一个 6 微米至 10 微米的第一牺牲材料层的步骤。

15 形成每个喷嘴装置的喷嘴腔壁以及顶壁的步骤，该步骤可以包括：

在致动器材料层上沉积第二牺牲材料层，以便为至少一部分的所述喷嘴腔壁和顶壁确定一个沉积区，

在所述沉积区域上沉积一种结构材料。

蚀刻结构材料，以形成至少一部分的所述喷嘴腔壁和顶壁。
20

附图说明

下面将参照附图，仅以举例的方式说明本发明的优选实施方式，尽管还有其它可能落入本发明范畴内的实施方式，其中：

图 A 是一个示意图，显示了与打印头芯片中的深陷地形相关联的问题，如本发明的背景技术中所述。
25

图 B 是一个示意图，显示了与打印头芯片中的深陷地形相关联的问题，如本发明的背景技术中所述。

图 1 至 3 是本发明打印头芯片喷嘴装置优选实施方式的基本操作。

图 4 是本发明打印头芯片喷嘴装置一个实施方式的剖视图。

图 5 是图 4 所示喷墨嘴装置的分解透视图。

图 6-15 是本发明打印头芯片的剖面图，显示了一个依照本发明方法 5 的打印头芯片的相继制造步骤。

图 16 是本发明打印头芯片的顶视图。

图 17 是参照图 18 至 29 描述的发明方法中所使用材料的材料符号表。

图 18 至图 29 是制造步骤的剖面图，这些步骤用于制造本发明具有喷嘴装置喷墨打印头的一种构形。

10 图 30 是根据本发明另一实施方式的一种喷墨打印头喷嘴装置的三维示意图。

图 31 至 33 是操作图 30 中喷嘴装置的三维示意图。

图 34 是根据本发明的另一种喷墨打印头芯片的三维示意图。

图 35 是图 34 中打印头芯片的局部放大图。

15 图 36 是带有喷嘴护板的打印头芯片的三维图示。

图 37a 至 37r 是喷墨打印头芯片喷嘴装置制造步骤的三维图示。

图 38a 至 38r 是图 37a 至 37r 中制造步骤的侧视剖面图。

图 39a 至 39k 是在制造工序各个步骤中使用的掩模的平面图。

图 40a 至 40c 是操作根据图 37 和 38 的方法制造的喷嘴装置的三维 20 图示。

图 41a 至 41c 是操作根据图 37 和 38 的方法制造的喷嘴装置的侧视剖视图。

具体实施方式

25 本发明的优选实施方式中，提出了一种按需滴墨的喷嘴装置，该装置通过热致动器来提供按需喷墨，热致动器工作使得墨从喷嘴腔喷出。所述喷嘴腔直接形成于供墨槽路上方，从而形成一个非常紧凑的喷嘴装

置。所述非常紧凑的喷嘴装置使得打印装置占据的区域最小，从而提高制造的经济效果。

首先参照图 1 至图 3，说明喷嘴装置一个优选实施方式的操作。图 1 是两个喷嘴装置 10、11 的剖视图，所述喷嘴装置形成在一个硅晶片 12 上，所述硅晶片包括一系列贯穿晶片的供墨槽路 13。
5

位于部分硅晶片 12 和供墨槽路 13 上方的是一个热致动器 14，启动热致动器使得墨从相应的喷嘴腔喷出。致动器 14 直接地放置在供墨槽路 13 的上方。在静止位置，墨灌充喷嘴腔，并且跨喷嘴腔的喷墨口 35 形成一个弯液面 15。

10 致动器 14 位于晶片 12 的上方间，与晶片隔开 6 微米至 10 微米。

当希望从喷嘴腔喷射一个墨滴时，通过电流流经致动器 14 来启动热致动器 14。该启动引起致动器 14 快速向上弯曲，如图 2 中所示。致动器 14 的运动导致腔喷射口 35（图 4）附近墨压的上升，反过来，这引起弯液面 15 的显著凸起以及墨的流出喷嘴腔。可以设计致动器 14 使得对墨
15 提供足够的动量以引起直接喷射一个墨滴。

如图 3 中所示，可以设定致动器 14 启动的时间，从而在预定点切断致动电流。这引起致动器 14 返回其起始位置，从而引起一个沿箭头 17 方向流回腔内的墨流。墨体 18 颈缩并且分离，然后继续朝向输出介质，譬如纸，以进行打印。然后致动器 14 返回其静态位置，并且因为弯液面
20 15 上表面张力作用的结果，表面张力引起墨经供墨槽路 13 再次充填喷墨嘴腔。随后，墨回到如图 1 所述的状态。

在图 4 和图 5 中更加详细地说明了单个喷嘴装置 10 的结构。图 4 是一个局部剖视图，而图 5 是一个相应的分解透视图。

利用标准的半导体工艺技术加上微机加工和微制造工艺技术，在一个选定的晶片基底 12 上一次形成多个喷墨嘴，在本说明书中进一步详细说明了这种制造形式。
25

在晶片 12 上形成一个 CMOS 驱动电路层 20。根据标准技术，所述 CMOS

层 20 可以包括夹在氧化层之间的多层金属层，并且优选地至少使用一个二级金属处理。为了减少必需的加工步骤，使用的掩模包括用于构成铝屏障 21 的区域，所述铝屏障 21 由第一铝层 22 和第二铝层 23 组成。另外，设置一铝的部分 24，该部分确定了与后续加热器层的电接触 4。在 5 构造喷嘴装置 10 时使用了牺牲蚀刻剂且可蚀刻材料优选地是玻璃层时，铝屏障 21 的作用是重要的，其对在 CMOS 层 20 内可能随之发生的氧化物蚀刻提供了有效屏障。

在 CMOS 层 20 上形成一个氮化物钝化层 26，以保护下方的 CMOS 层不受牺牲蚀刻剂和墨的腐蚀。在氮化层 26 的上方形成一个间隙 28，在工作过程中于所述间隙 18 中形成一个气泡。间隔 28 可以通过设置一个牺牲层并接着蚀刻间隙 28 形成，这将在下文阐述。所述空气间隙 28 的厚度在 6 微米至 10 微米之间。

在空气间隙的 28 的顶部构造一个聚四氟乙烯（PTFE）层 29，所述聚四氟乙烯（PTFE）层 29 包括一个夹在两个聚四氟乙烯层之间的金的蛇形加热层 30。所述金加热层 30 造成蛇形以让它能够在加热时膨胀。加热层 30 和 PTFE 层 29 一起组成图 1 中的热致动器 14。

外部的聚四氟乙烯层 29 具有极高的热膨胀系数（约为 770×10^{-6} ，或者是硅的热膨胀系数的 380 倍左右）。聚四氟乙烯层 29 还通常是高度厌水的，这导致在致动器下方在间隙 28 中由于空气外排形成一个气泡。除了供墨槽路 13 周围的区域以外，还对聚四氟乙烯层 29 的顶面加以处理以使其厌水。这可以通过在氨气环境中用等离子蚀刻达到。还在聚四氟乙烯层的下部内形成加热器层 30。

加热器层 30 在端部处，例如 31，连接到含有驱动电路（未示）的 CMOS 驱动层下部。为了操作致动器 14，电流流经金加热器元件 30 以加热致动器 14 的底表面。与空气泡接触的致动器 14 的底表面保持受加热，同时，由于致动器 14 的顶表面暴露于腔 32 中的墨中，任何顶表面的加热都被带走了。因此，聚四氟乙烯层的底层更快地膨胀，导致致动器 14

总体上快速地向上弯曲（如图 2 中所示），从而引起墨从喷墨口 35 喷出。

切断加热层的电流可以停止致动器 14。这导致致动器 14 返回其静止位置。

在致动器 14 的顶部形成氮化物侧壁部分 33 和顶壁 34。所述侧壁部分 33 和顶壁 34 可利用一个牺牲层经双波纹工艺形成。蚀刻顶壁部分 34 以确定喷墨口 35，同时，形成一系列蚀刻孔 36，所述蚀刻孔 36 具有相对小的直径，并且在使用牺牲蚀刻剂时能够有效地蚀刻较低的牺牲层。所述蚀刻孔 36 做得足够小，因此，表面张力限制墨经所述蚀刻孔 36 而不是喷墨口 35 从腔 32 中喷出的可能性。

10 图 6 至 15 解释了制造喷墨嘴装置阵列所涉及的各个步骤。

1. 首先参照图 6，起始状态包括一个硅晶片 12，该硅晶片包括一个 CMOS 层 20，所述的 CMOS 层具有氮化物钝化层 26 并且其表面用化学-机械的平面化工艺抛光。

15 2. 如图 7 中所示对氮化物层做掩模以及蚀刻，从而确定喷嘴装置部分以及用于连接任何相继的加热器层与较低 CMOS 层的区域。

3. 接着，如图 8 所示，沉积、掩模以及蚀刻牺牲氧化物层，在相继加热层与较低层导电接触的区域内蚀刻该氧化物层。

20 4. 如图 9a 中所示，沉积一个 1 微米的聚四氟乙烯层并且首先对加热器与较低 CMOS 层之间的连接做掩模和蚀刻，然后对加热器的形状做掩模和蚀刻。

5. 接着，如图 10 中所示，沉积金加热层 30、31。由于难于蚀刻金的事实，该层可以保形地沉积并且接着利用化学机械平面化部分地除去，从而留下与加热器元件相关联的部分。加工步骤 4 和 5 基本上包含一个双波纹化工艺。

25 6. 接着，沉积、掩模和蚀刻一顶部聚四氟乙烯层，蚀刻聚四氟乙烯层直至牺牲层以确定加热器的形状，如图 11 所示。接着，等离子加工聚四氟乙烯层的表面以使之厌水。适当的工艺可以排除在氨气环境中的等

离子损伤。另外，所述表面也可以涂覆厌水材料。

7. 然后，如图 12 所示，沉积并且蚀刻另一个牺牲层，从而形成喷嘴腔的结构。然后对所述牺牲层做掩模并且蚀刻，以确定一个喷嘴腔壁的沉积区域。

5 8. 如图 13 中所示，通过保形地沉积三微米的氮化物，并且蚀刻喷嘴框缘直至一微米的深度处（该蚀刻深度对时间的要求并不是极其高的），以形成喷嘴腔。接着，用一个掩模来蚀刻喷墨口 35 以及牺牲层的蚀刻孔 36。

9. 如图 14 所示，对晶片的背侧为墨槽路做掩模并且等离子蚀刻直至 10 贯穿晶片。合适的等离子蚀刻工艺可以包括一种深度非均匀沟道蚀刻系统，由例如 SDS System 提供（参阅由 J. K. Bhardwaj、H. Ashraf 编辑的“Advanced Silicon Etching Using High Density Plasma”，SPIE Proceedings in Micro Machining and Micro Fabrication Process Technology2639 卷 224 页）。

15 10. 如图 15 所示，使用氢氯酸之类的牺牲蚀刻剂蚀刻掉牺牲层。接着，穿过晶片的背侧等离子处理围绕墨槽路的致动器下方部分，以使面板端亲水。

接着，可以把晶片分成分离的打印头，每个打印头粘合到一个注射成形的供墨槽路中，并且把电信号通过带自动接合（TAB）到打印头以进行随后的检测。图 16 显示了构造于晶片上以提供彩色页宽输出的喷嘴装置的顶视图。

可以用以下步骤来进行详细的制造工艺，此工艺可用于制造整体的喷墨打印头，该打印头按本实施例规定的原则工作：

1. 使用一种双面抛光的晶片 20，利用 0.5 微米、单晶、双金属 CMOS 25 工艺完成驱动晶体管、数据分布和时钟电路。图 18 显示了这些步骤。为了表达清楚，这些图示可能不是按比例的，并且可能不代表通过喷嘴的任一平面的横截面。图 17 表示了这些制造图示以及那些交叉参引喷墨结

构中的各种材料。

2. 沉积 1 微米的低应力氮化物。这起到防止墨经芯片表面二氧化硅扩散的作用。
3. 沉积 3 微米的牺牲材料（例如聚酰亚胺）。
- 5 4. 使用掩模 1 蚀刻牺牲层。此掩模确定了致动器的锚着点。此步骤显示于图 19 中。
- 5 5. 沉积 0.5 微米的聚四氟乙烯。
- 5 6. 使用掩模 2 把聚四氟乙烯、氮化物、和 CMOS 钝化物向下蚀刻到第二层金属。此掩模确定了加热器镀通孔。此步骤显示于图 20 中。
- 10 7. 用掩模 3 沉积并且构图阻蚀剂。此掩模了确定加热器。
- 10 8. 沉积 0.5 微米的金（或者其它有低杨氏模量的加热材料）并且剥去阻蚀剂。步骤 7 和 8 形成一个提离工艺。此步骤示于图 21 中。
- 10 9. 沉积 1.5 微米的聚四氟乙烯。
- 10 10. 使用掩模 4 向下蚀刻聚四氟乙烯至牺牲层。该掩模确定了加热器和连接垫。此步骤显示于图 22 中。
- 10 11. 晶片检测。在此时完成了所有电连接，而芯片还没有被分开。
- 10 12. 等离子处理聚四氟乙烯使得致动器的顶壁和侧壁亲水。这使得喷嘴腔可以通过毛细作用充墨。
- 10 13. 沉积 10 微米的牺牲材料。
- 20 14. 使用掩模 5 向下蚀刻牺牲层直至氮化物。该掩模确定了喷嘴腔。此步骤显示于图 23 中。
- 20 15. 沉积 3 微米的 PECVD 玻璃。此步骤显示于图 24 中。
- 20 16. 使用掩模 6 蚀刻至 1 微米的深度。该掩模确定了喷墨口的框缘。此步骤显示于图 25 中。
- 25 17. 使用掩模 7 向下蚀刻至牺牲层。该掩模确定了喷墨口以及牺牲蚀刻剂通孔。此步骤显示于图 26 中。
- 25 18. 使用掩模 8 反向蚀刻穿透硅晶片（例如，用一种 Surface

Technology System 提供的 ASE 高效硅蚀刻器)。此掩模确定了蚀刻穿透晶片的墨输入口。晶片也通过此蚀割被切开。此步骤显示于图 27 中。

19. 反向蚀刻 CMOS 氧化层，然后用反向蚀刻的硅作掩模，沉积氮化层以及牺牲层直至聚四氟乙烯。

5 20. 经反向蚀刻孔等离子处理聚四氟乙烯，使得致动器的顶部表面亲水。这使得能够通过毛细作用给喷嘴腔充墨，但是保留了致动器下方的厌水表面。当以水为基础的墨充满喷嘴时，这个厌水部分使得气泡陷落在致动器的下面。此气泡起两个作用：通过减少从聚四氟乙烯加热的一侧传导走热量来提高加热器效率，以及减少致动器背部的负压。

10 21. 蚀刻牺牲材料。清理喷嘴装置，解除致动器上的约束，并且通过此蚀刻分离芯片。此步骤显示于图 28 中。

22. 把打印头安装进其封装中，所述封装可以是模制塑料泡沫，该模制塑料泡沫含有向处于晶片背面的墨输入口提供适当颜色的墨供墨槽。

15 23. 把打印头连接到其互连系统。为了使连接不引人注目且气流混乱最小，可以使用 TAB。如果打印机操作时与纸之间有足够的间距，也可以使用电线连接。

24. 对打印头的前表面进行厌水化处理。

25. 用墨填充整个打印头并且检测它们。图 29 显示了一个填满了墨的喷嘴。

20 在图 30 中，总体上用标号 110 指代本发明打印头芯片另一个实施方式的喷嘴装置。打印头具有多个在硅衬片 116 上布置成阵列 114 的喷嘴装置 110 (图 34 和 35)。下面详细地描述阵列 114。

喷嘴装置 110 包括一个硅衬片或者说晶片 116，其上沉积一个介电层 118。一个 CMOS 钝化层 120 沉积在介电层 118 上。

25 每个喷嘴装置 110 包括一个确定一个喷墨口 124 的喷嘴 122、一个杠杆臂 126 形式的连接构件、和一个致动器 128。杠杆臂 126 把致动器 128 连接到喷嘴 122。

如在图 31 至 33 中详细所示的，喷嘴 122 包含一个冠部 130，所述冠部带有悬于该冠部 130 的裙部 132。所述裙部 132 形成喷嘴腔 134 的周壁的一部分（图 31 至 33）。喷墨口 124 与喷墨嘴腔 134 流体连通。应当注意喷墨口 124 由一个隆起框 136 包绕，此隆起框“别住 (pin)”喷墨嘴腔 134 中墨体 140 的弯液面 138（图 31）。

5 裙部 132 位于 CMOS 钝化层 120 上方 6 微米至 10 微米之间。

墨输入孔隙 142（图 35 中所示最清楚）位于喷墨嘴腔 134 的底面 146 中。孔隙 142 与穿过衬片 116 确定的墨输入槽 148 流体连通。

一个壁部 150 以孔隙 142 为边界并且从底部 146 向上延伸。如以上 10 所述，喷嘴 122 的裙部 132 确定喷墨嘴腔 134 的周壁的一个部分，壁部 150 确定喷墨嘴腔 134 的周壁的第二部分。

壁 150 在其游离端具有向内指的唇部 152，该唇部作为流体封口用于防止喷嘴 122 移动时墨的逸出，如下详细说明中所述。可以看出，由于墨 140 的粘性以及唇部 152 与裙部 132 之的小间隔尺度，向内指的唇 15 152 以及表面张力起到防止墨从喷墨腔 134 逸出的封口作用。

致动器 128 是一种热弯致动器并且连接到一个从衬片 116 向上伸或者更加具体地说从 CMOS 钝化层 120 向上伸的锚着件 154 上。锚着器 154 安装在与致动器 128 形成电气连接的导电垫 156 上。

致动器 128 包含第一主动梁 158，所述第一主动梁 158 安放在第二 20 被动梁 160 上方。在一个优选的实施方式中，两个梁 158 和 160 都是，或者包括一种导电陶瓷材料，譬如氮化钛 (TiN)。

两个梁 158 和 160 都具有锚着在锚着件 154 上的第一端部，其相对的一端连接到臂 126。当引起一个电流流经主动梁 158 时，梁 158 产生热膨胀。至于被动梁 160，没有电流流过它，不以相同的速度膨胀；产生一个弯曲力矩，引起臂 126 从而引起喷嘴 122 向下往衬片 116 方向位移，如图 32 所示。这引起经喷墨口 124 喷墨，如在图 32 中的 162 处所示。从主动梁 158 撤走热源，也就是说停止电流时，喷嘴 122 返回其静态的

位置，如图 33 中所示。

当喷嘴 122 返回其静态位置时，由于一个小墨滴颈部断裂结果形成一个小墨滴，如图 33 中的 166 处所示。然后该墨小滴 164 转移到打印介质，譬如一张纸上。作为形成小墨滴 164 的结果，形成一个“负的”弯液面，如图 33 中的 168 处所示。该“负的”弯液面 168 导致墨流 140 进入喷墨嘴腔 134 中，从而形成一个新的弯液面 138（图 31）以准备下一次从喷嘴装置 110 喷出墨滴。

现在参考图 34 和图 35 详细地说明喷嘴阵列 144。该阵列 144 用于一个四色打印头。因此，阵列 144 包括四个喷嘴装置组 170，每组对应一种颜色。每个组 170 具有排成两排 172 和 174 的喷嘴装置 110。在图 35 中更详细地显示了一个组 170。

为了方便地紧密组装排 172 和 174 中的喷嘴装置 110，排 174 中的喷嘴装置 110 相对于排 172 中的喷嘴装置 110 偏移或者说错开。还有，排 172 中的喷嘴装置 110 相互间隔开足够远，使得排 174 中喷嘴装置 110 的杠杆臂 126 能够在排 172 喷嘴装置 110 的相邻喷嘴 122 之间通过。还要注意到每个喷嘴装置 110 基本上是做成哑铃形状的，从而使排 172 中的喷嘴 122 排列在排 174 相邻喷嘴装置 110 的喷嘴 122 与致动器 128 之间。

而且，为了方便地紧密排列排 172 和 174 中的喷嘴 122，每个喷嘴 122 基本上做成六边形形状。领域内普通技术人员可以看出，使用中，当喷嘴 122 向衬片 166 移动时，由于喷嘴口 124 对喷墨嘴腔 134 稍成角度，墨稍微偏离垂直方向地喷出。图 34 和 35 中所示的装置的一个优点是排 174 和 172 中的喷嘴装置 110 的致动器 128 沿同一个方向伸到排 174 和 172 的一侧。因此从排 172 中的喷嘴 122 中喷出的墨滴和从排 174 中的喷嘴 122 中喷出的墨滴相互平行，从而提高了打印质量。

还有，如图 34 中所示，衬片 16 具有布置于其上的连接垫 176，所述连接垫经垫 156 对喷嘴装置 110 的致动器 128 提供电连接。这些电连

接经 CMOS 层（未示）形成。

参见图 36，图中显示出本发明的一个发展。参考以前的各图，除非另有说明，相同的标号指代相同的部分。

在此发展中，一个喷嘴护板 180 安装在阵列 114 的衬片 116 上。喷嘴护板 180 包括一个体部构件 182，多个通道 184 通过此构件。通道 184 与阵列 114 的喷嘴装置 110 的喷嘴口 124 对齐，从而，当从喷嘴口 124 之一喷墨时，在落射打印介质之前，墨通过相关通道 184。

通过臂或者说支柱 186，体部构件 182 相对于喷嘴装置 110 间隔地安装。支柱 186 之一具有位于其中的空气入口 188。

10 在使用中，当操作阵列 114 时，经入口孔 188 充以空气，空气被迫与墨一起穿过通道 184。

由于空气以与小墨滴 164 不同的速度充入通道 184，墨并不夹带于空气中。例如，以约 3m/s 的速度从喷嘴 122 喷出墨滴 164。空气以约 1m/s 的速度经经过通道 184。

15 空气的用途是使得通道 184 不存在异物颗粒。存在这样的危险，诸如尘土之类的异物颗粒会落在喷嘴装置 110 上，从而对操作造成不利的影响。在喷嘴护板 180 中设置空气入口 88，在较大的程度上避免了此问题。

20 喷嘴装置 110 构造为使得打印头芯片具有相对平坦的形状。这通过每个喷嘴装置的裙部 132 距墨钝化层 120 为 6 微米至 10 微米之间的事实被强调。在上文的本发明背景技术部分中描述了与具有较深形状相关联的问题。因此，喷嘴装置 110 的结构的一个特别的优点是处理了这些问题。

下面参见图 37 至 39，说明制造喷嘴安排 110 的一种工艺。

25 从硅衬片或者说晶片 116 开始，在晶片 116 的一个表面上沉积一个介电层 118，所述介电层 118 的形式是约为 1.5 微米的 CVD 氧化物。在层 118 上旋涂阻蚀剂，并且把层 118 暴露于掩模 200 并且接着显影。

在显影以后，把层 118 向下等离子蚀刻到硅层 116。然后剥去阻蚀剂并且清洁层 118。此步骤确定了墨入口孔隙 142。

在图 37b 中，在层 118 上沉积约 0.8 微米的铝 202。旋涂阻蚀剂，并且把铝 202 暴露于掩模 204 并且接着显影。把铝 202 向下等离子蚀刻 5 到氧化物层 118，剥去阻蚀剂并且清洁所述装置。此步骤提供了连接垫和对喷墨致动器 128 的相互连接。此相互连接是对于一个 NMOS 驱动晶体管和一个带有 CMOS 层（未示）内连接线路的电源层的。

沉积约 0.5 微米的 PECVD 氮化物作为 CMOS 钝化层 120。旋涂阻蚀剂并且把层 120 暴露于掩模 206 然后把它显影。显影后把氮化物向下等离子蚀刻到铝层 202 以及入口孔隙 142 区域中的硅层 116。剥去阻蚀剂并且 10 清洁所述装置。

在层 120 上旋涂牺牲材料层 208。材料 208 是 6 微米的光敏聚酰亚胺或者约 4 微米的高温阻蚀剂。软烘烤层 208 并且把它暴露于掩模 210，此后把它显影。然后，当层 208 包含聚酰亚胺时把它在 400°C 下硬烘烤一 15 个小时，或者，在层 208 是高温阻蚀剂的情况下，在高于 300°C 的温度下硬烘烤。应当注意在附图中，在掩模 210 的设计中考虑了由于缩引起聚酰亚胺层 208 的图样依从性畸变。

下一个步骤中，如图 37e 所示，镀一个第二牺牲层 212。层 212 或者是一个旋涂的 2 微米光敏聚酰亚胺，或者是约 1.3 微米的高温阻蚀剂。 20 把层 212 软烘烤并且暴露于掩模 214。在暴露于掩模 214 后把层 212 显影。在层 212 是聚酰亚胺的情况下，把层 212 在 400°C 下硬烘烤约一个小时。层 212 是阻蚀剂时，在高于 300°C 的温度下硬烘烤约一个小时。

然后沉积一个 0.2 微米的多层金属层 216。此层 216 的部分形成致动器 128 的被动梁 160。

25 应该注意在这个时期，介于 5.3 微米与 8 微米之间的牺牲材料形成了致动器 128 被动梁 160 的沉积区域。

层 216 通过在 300°C 喷涂 1000 埃氮化钛 (TiN) 接着喷涂 50 埃氮化

钽 (TaN) 形成。再喷涂上 1000 埃的氮化钛，接着喷涂 50 埃的氮化钽，再次喷涂 1000 埃的氮化钛。

可以用于代替 TiN 的其它材料有 TiB_2 、 $MoSi_2$ 或者 $(Ti, Al) N$ 。

然后把层 216 暴露于掩模 218，显影并且向下等离子蚀刻到层 212，
5 此后湿剥层 216 的阻蚀剂，小心不要去掉硬化了的层 208 或者 212。

通过旋涂上 4 微米光敏聚酰亚胺或者是约 2.6 微米的高温阻蚀剂形成第三牺牲层 220。软烘烤层 220，此后把它暴露于掩模 222。然后把暴露了的层 220 显影，接着硬烘烤。在层 220 是聚酰亚胺的情况下，把层 220 在 400°C 下硬烘烤约一个小时，或者在层 212 是阻蚀剂时在高于 300
10 °C 的温度下硬烘烤。

然后向层 220 上镀第二多层金属层 224。层 224 的构成与层 216 相同并且施以相同的方式。可以看出，两个层 216 和 224 都是导电的。

把层 224 暴露于掩模 226 并且然后显影。把层 224 向下等离子蚀刻到聚酰亚胺或者高温阻蚀剂层 220，此后湿剥镀了阻蚀剂层 224，小心不要去掉硬化了的层 208、212 或者 220。可以注意到，层 224 的余留部分确定了致动器 128 的主动梁 158。
15

通过旋涂 4 微米的光敏聚酰亚胺或者是约 2.6 微米的高温阻蚀剂形成第四牺牲层 228。把层 228 软烘烤、暴露于掩模 230，然后显影，以留下图 9k 中所示的小岛部分。把层 228 的余留部分硬烘烤，在聚酰亚胺的情况下于 400°C 下硬烘烤约一个小时，为阻蚀剂时在高于 300°C 的温度下硬烘烤。
20

如图 371 中所示，沉积一个高杨氏模量的介电层 232。层 232 由约 1 微米的氮化硅或者氧化铝组成。层 232 在低于牺牲层 208、212、220、228 硬烘烤温度的温度下沉积。对于该介电层 232，所要求的主要特性是高弹
25 性模量、化学惰性以及对 TiN 良好的粘附性。

通过旋涂 2 微米光敏聚酰亚胺或者是约 1.3 微米的高温阻蚀剂形成第五牺牲层 234。把层 234 软烘烤，暴露于掩模 236 并且显影。把层 228

的余留部分硬烘烤，在聚酰亚胺的情况下于 400°C 下硬烘烤约一个小时，为阻蚀剂时在高于 300°C 的温度下硬烘烤。

把介电层 232 向下等离子蚀刻到牺牲层 228，小心不要去掉任何牺牲层 234。

5 该步骤确定了喷嘴装置 110 的喷墨口 124、杠杆臂 126 和锚着件 154。

沉积一个高杨氏模量的介电层 238。在低于牺牲层 208、212、220 和 228 的硬烘烤温度的温度下，通过沉积约 0.2 微米氮化硅或者氮化铝形成所述层 238。

然后，如图 37p 中所示，把层 238 各向异性地向下等离子蚀刻到一个 0.35 微米的深度。此蚀刻旨在清除整个表面的介电质，除了介电层 232 以及牺牲层 234 的侧壁。该步骤产生了围绕喷墨口 124 的喷嘴框 136，如前所述，此喷嘴框“别住 (pin)”墨的弯液面。

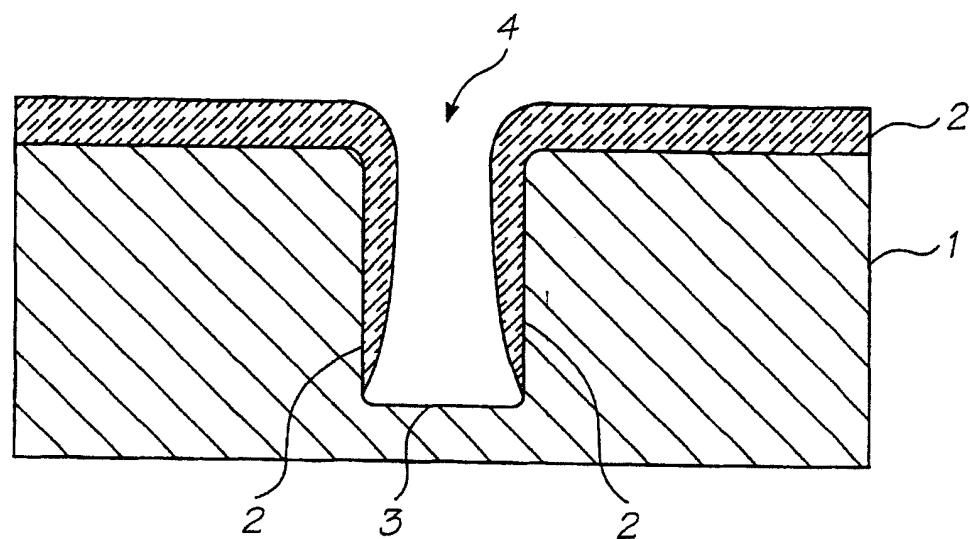
10 形成一个紫外线 (UV) 松解带 240。在硅晶片 116 上旋涂 0.4 微米的阻蚀剂。把晶片暴露于掩模 242，反向蚀刻晶片 116 以确定墨输入槽 15 148。然后从晶片 116 剥去阻蚀剂。

把另一个紫外线 (UV) 松解带 (未示) 施加到晶片 16 的后部并且去除带 240。用氧等离子剥去牺牲层 208、212、220、228 和 234，以提供如图 37r 和 38r 中所示的最终喷嘴装置 110。为了便于参照，这两个图中的所示标号与图 30 中的标号相同，以指代喷嘴装置 110 的相关部分。图 20 40 和 41 显示了喷嘴装置 110 的操作，此喷嘴装置根据上面参照图 37 和 38 描述的工艺制造，并且这些图与图 31 至 33 对应。

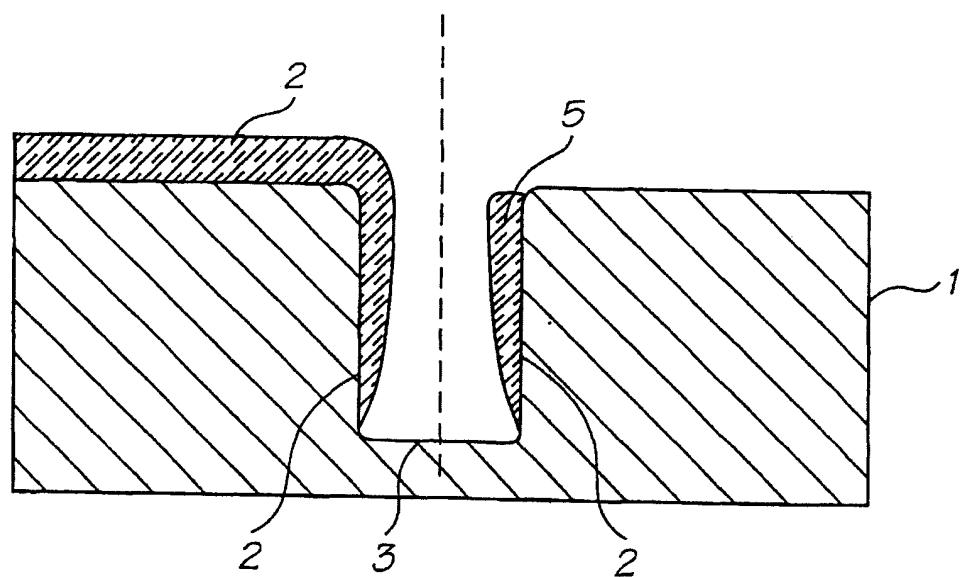
领域内普通技术人员可以看出，可以对特定实施方式中所示的本发明进行改变和/或修改，而不偏离泛泛说明的本发明的精神和范畴。因此，这些实施例认为在所有方面都是示例性的而不是限制性的。

25 在此公开的喷墨打印技术可适用于广泛的打印系统，包括：彩色和单色办公室打印机、短行程数字打印机、高速数字打印机、偏移压力补充打印机、低成本扫描打印机、高速页宽打印机、带有内装页宽打印机

的笔记本、便携彩色和单色打印机、彩色和单色复印机、彩色和单色传真机、打印传真和复印组合机、标签打印机、大格式描绘器、照片拷贝机、数字照片“微实验室”用打印机、录像打印机、PHOTO CD (PHOTO CD 是 Eastman Kodak 公司的注册商标) 打印机、PDA 的便携打印机、蜡纸打印机、室内标签打印机、广告牌打印机、编织物打印机、照像机打印机和容错商用打印机阵列。
5



图A



图B

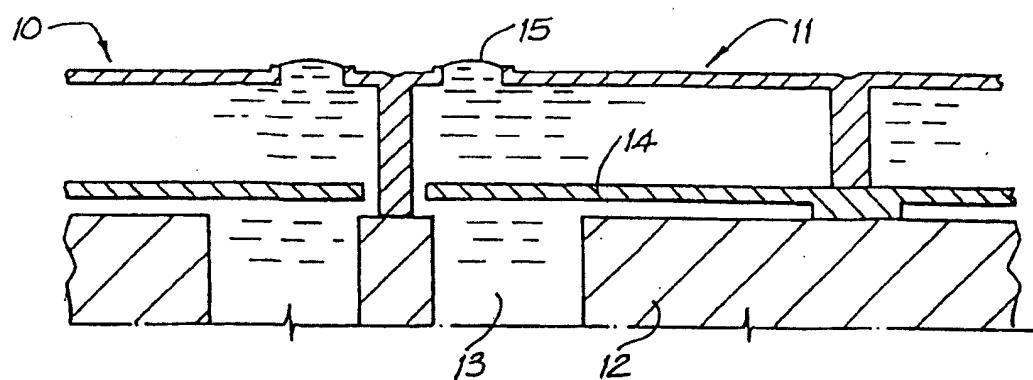


图1

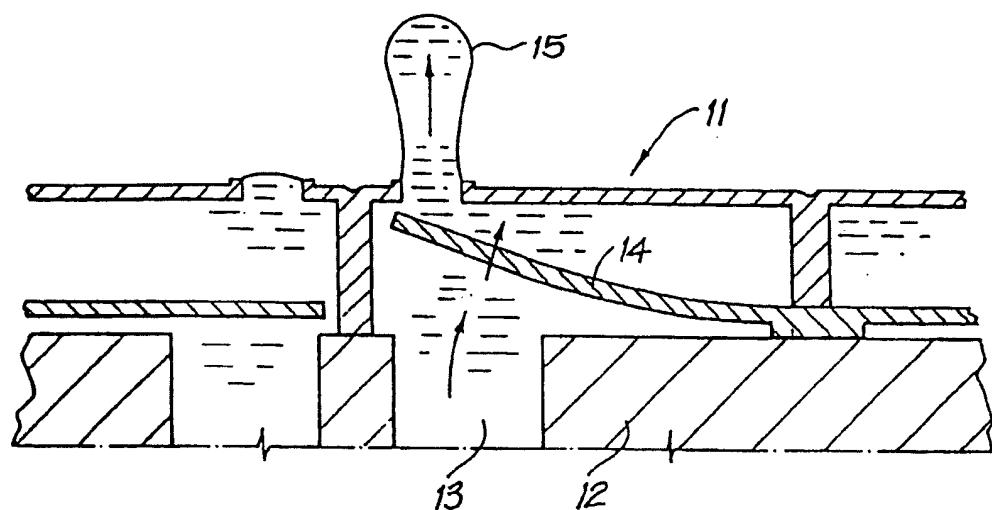


图2

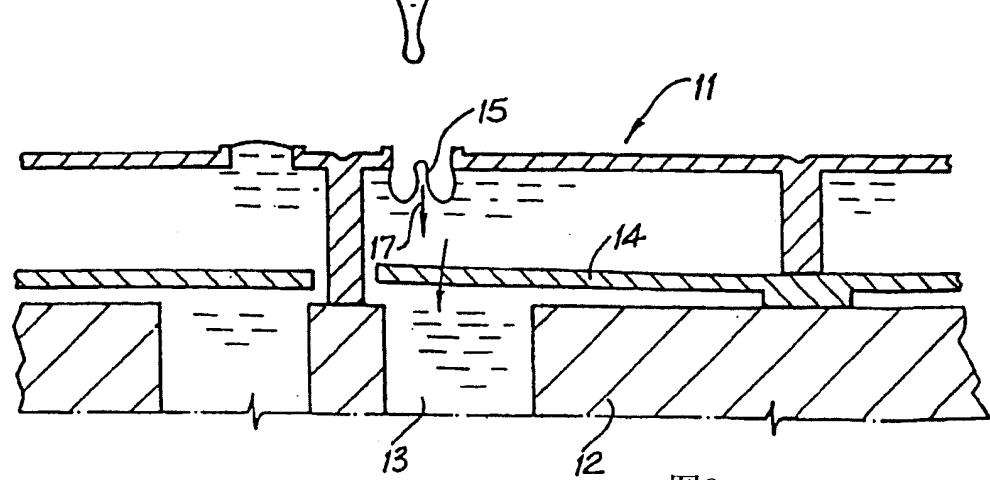


图3

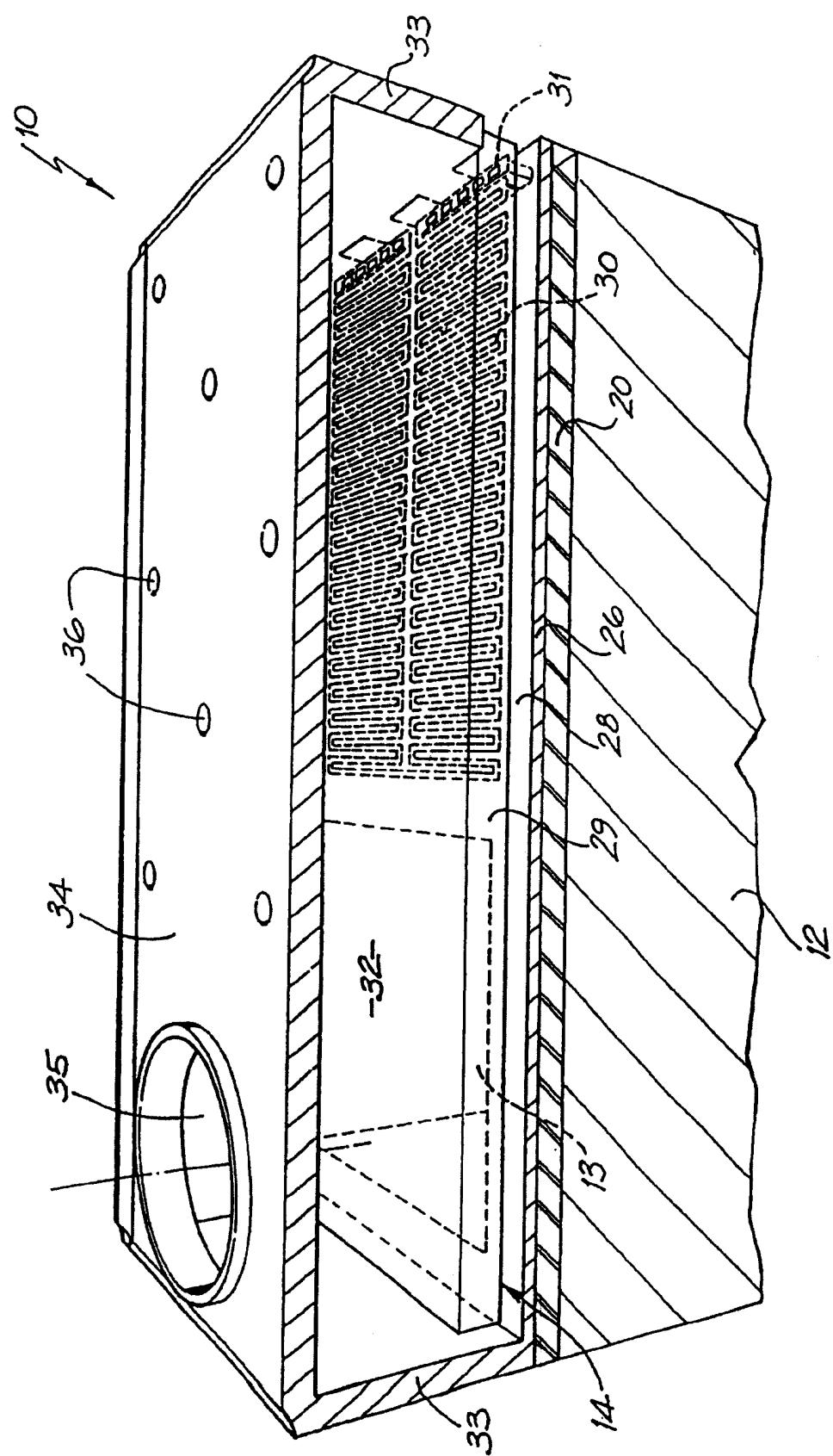


图4

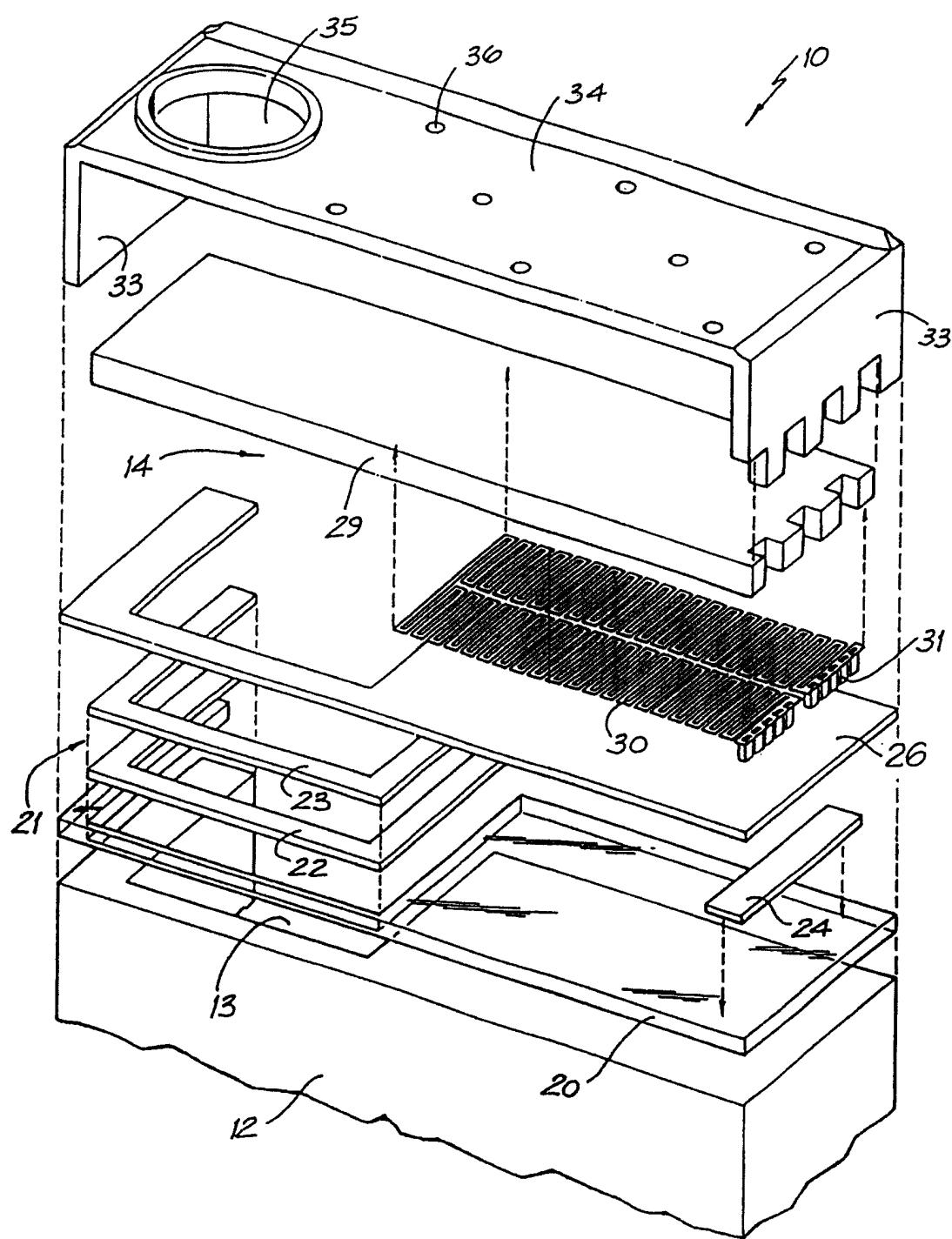


图5

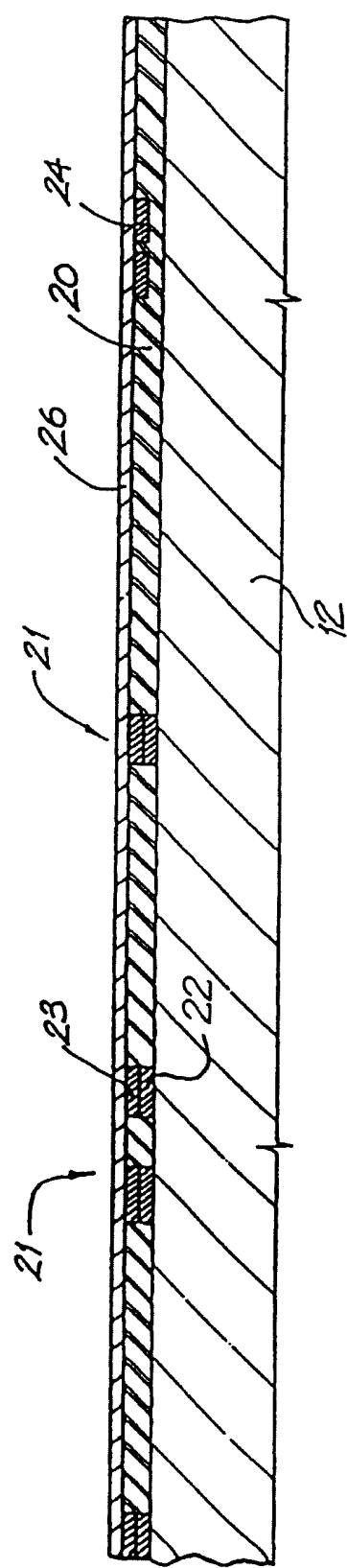


图6

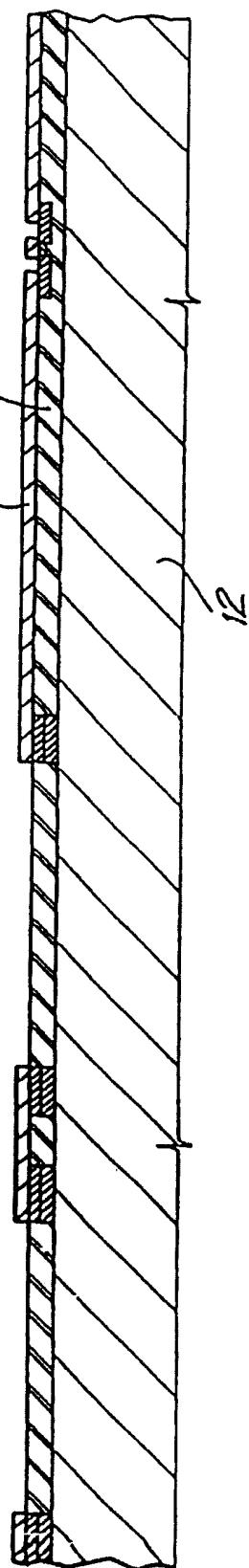


图7

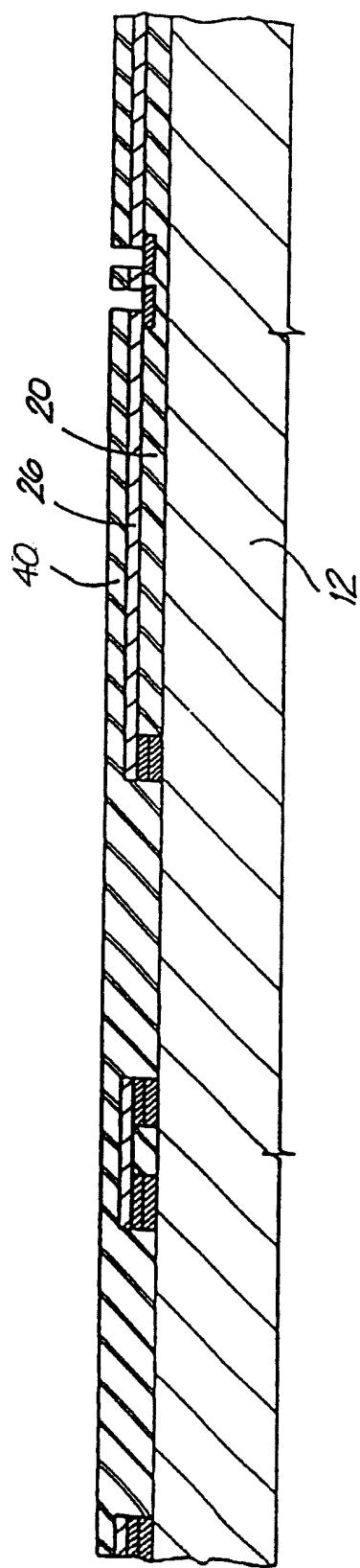


图8

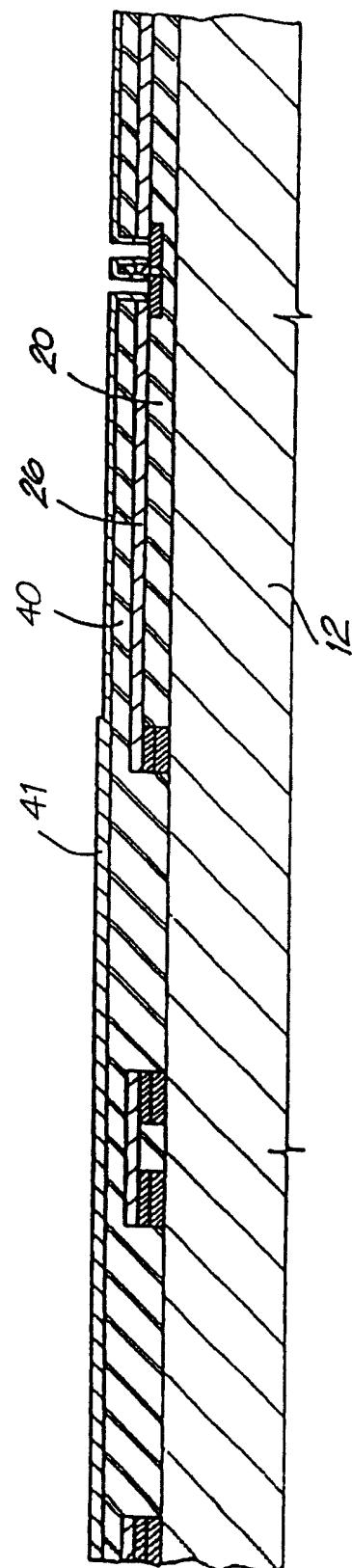


图9

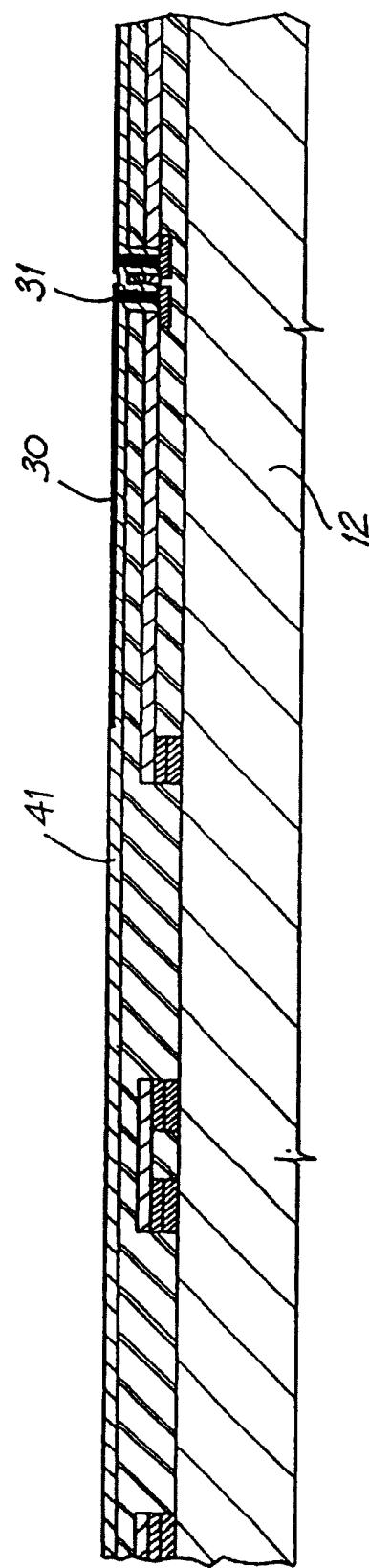


图10

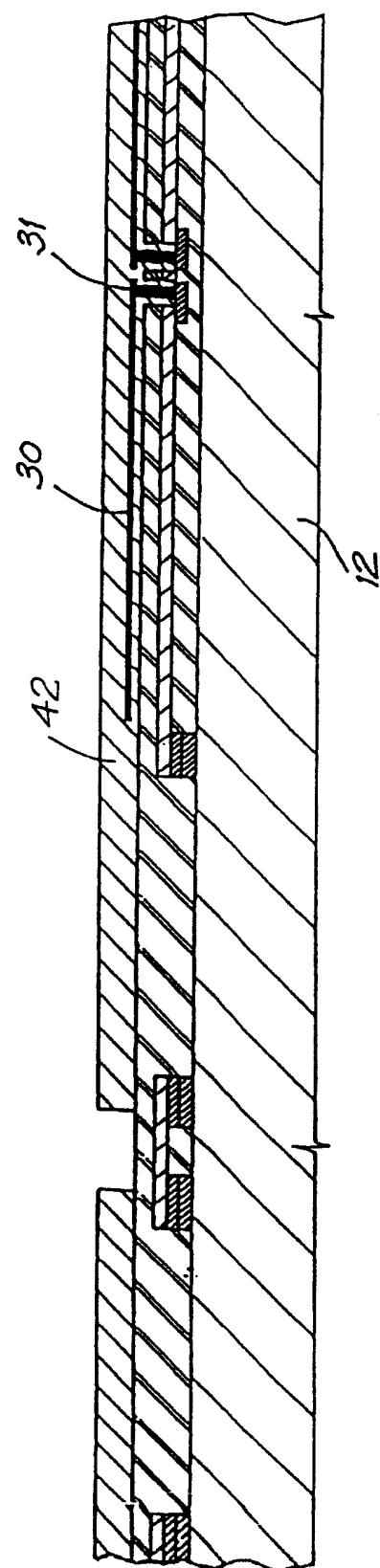


图11

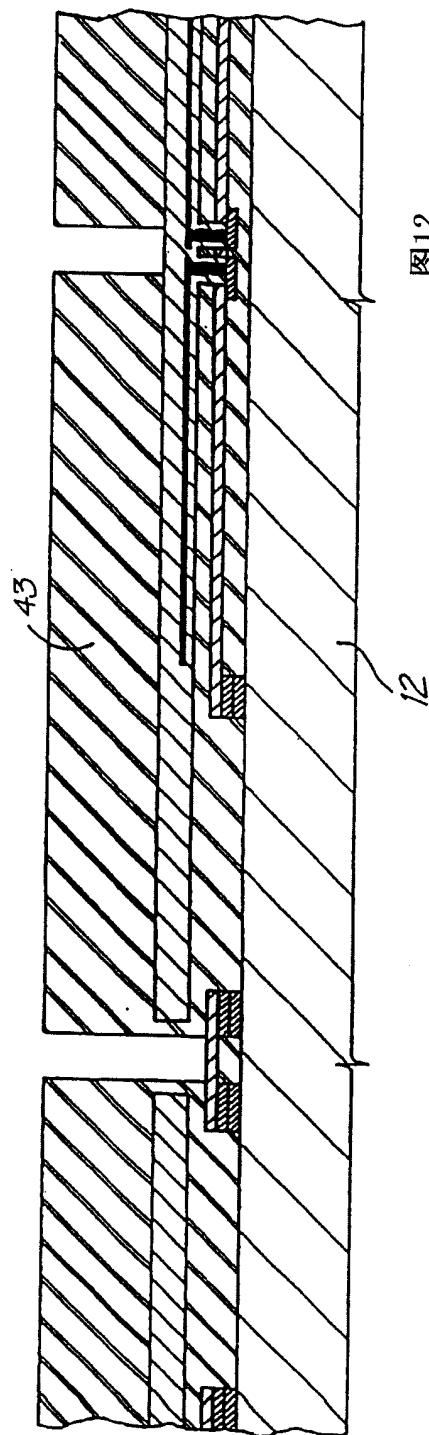


图12

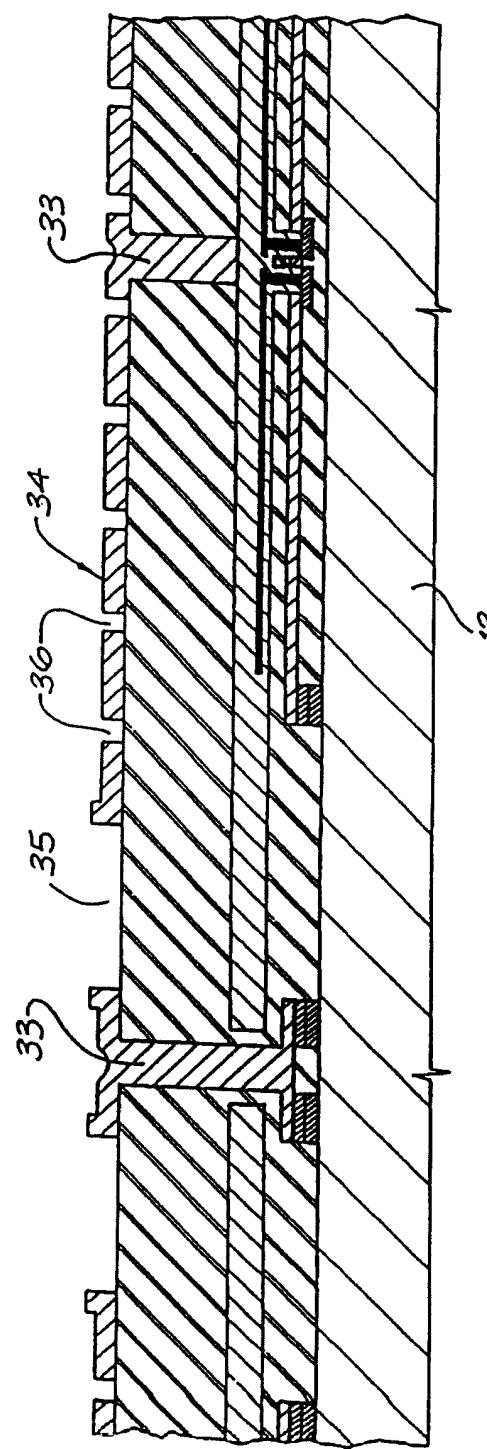


图13

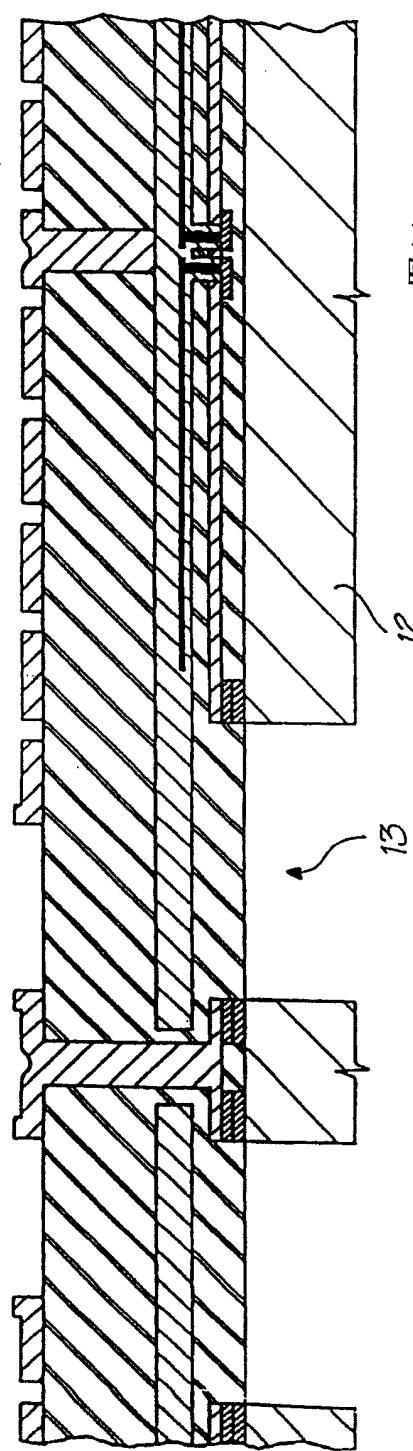


图14

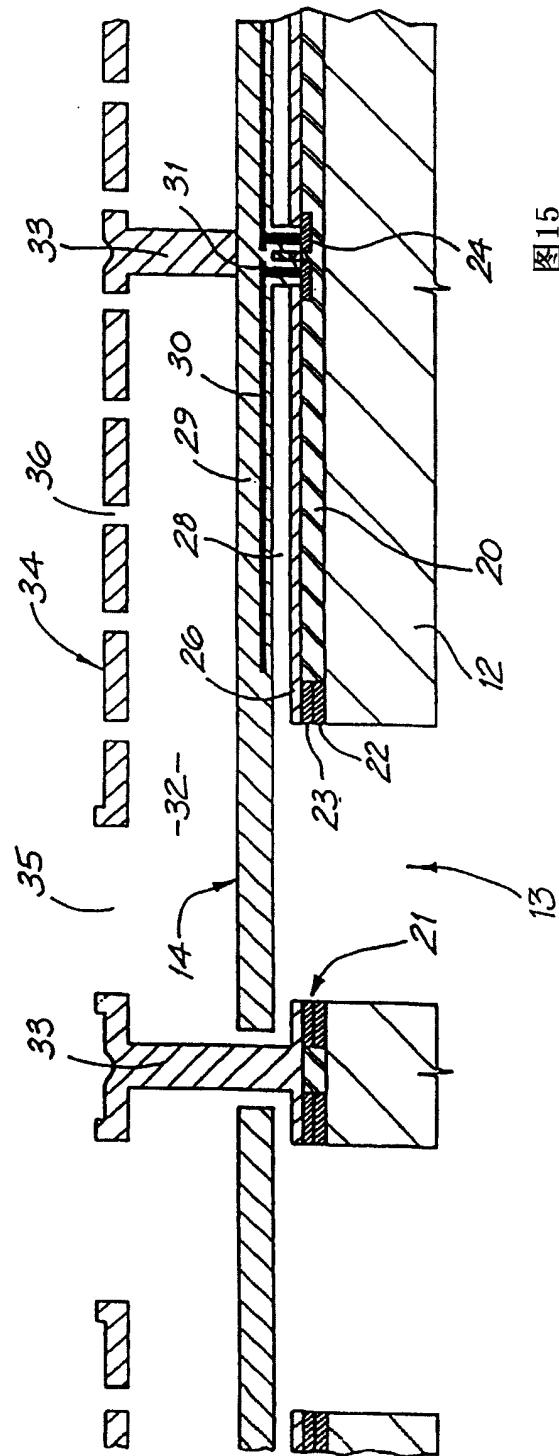


图15

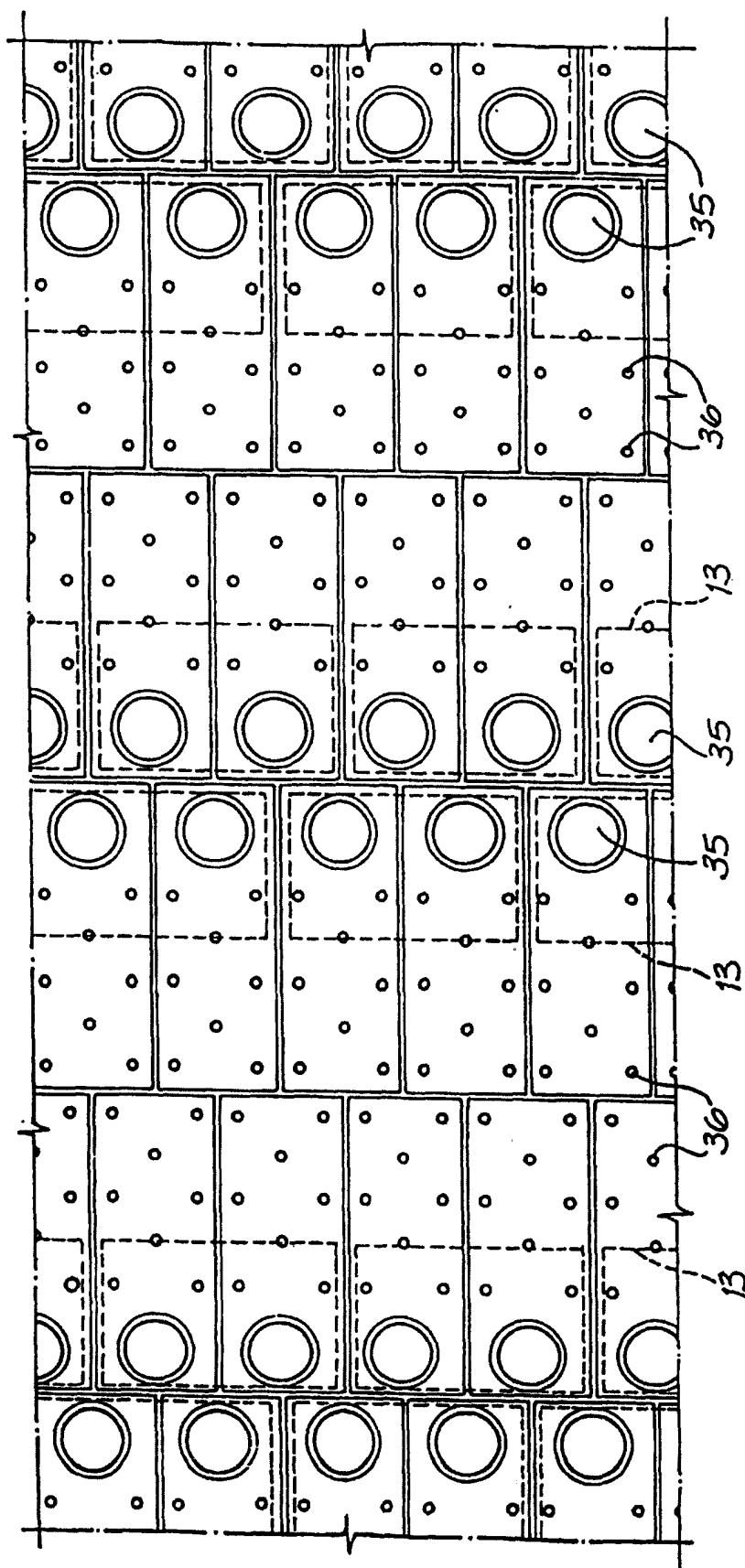


图16

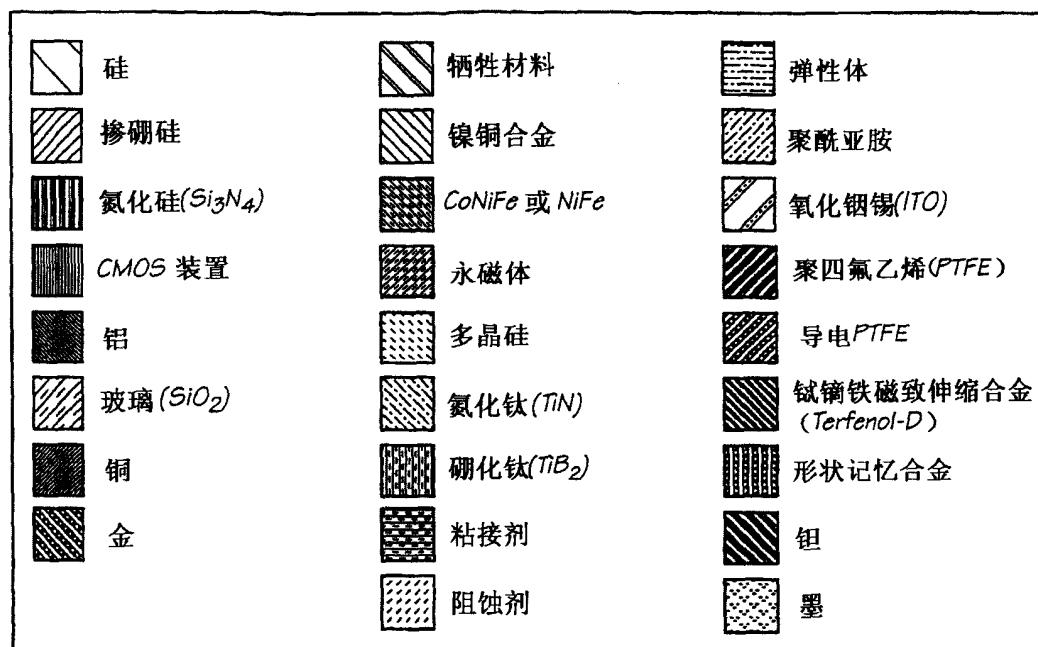


图17

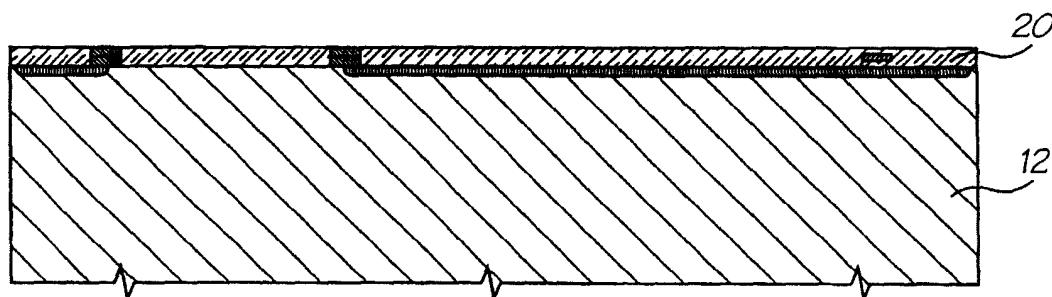


图18

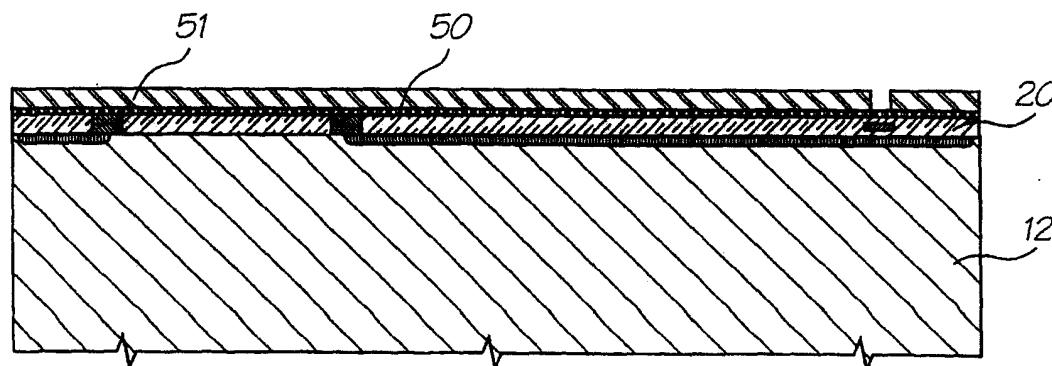


图19

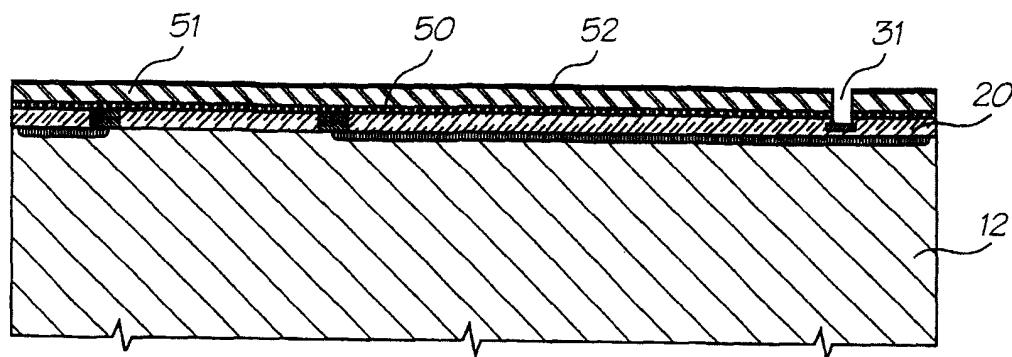


图20

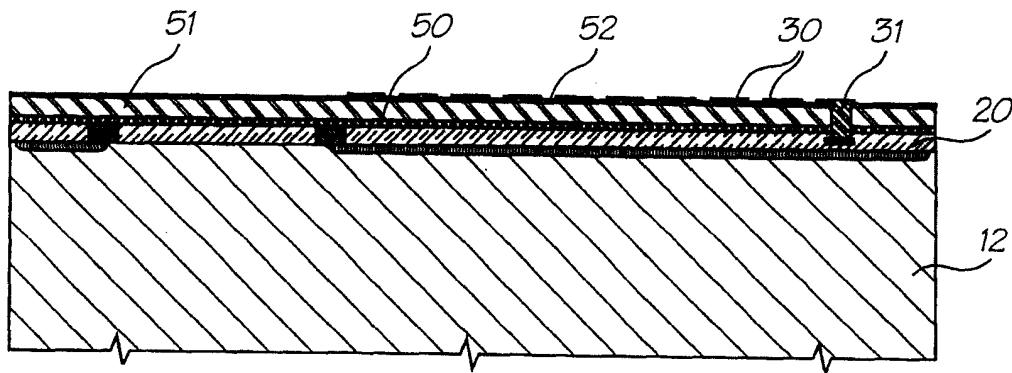


图21

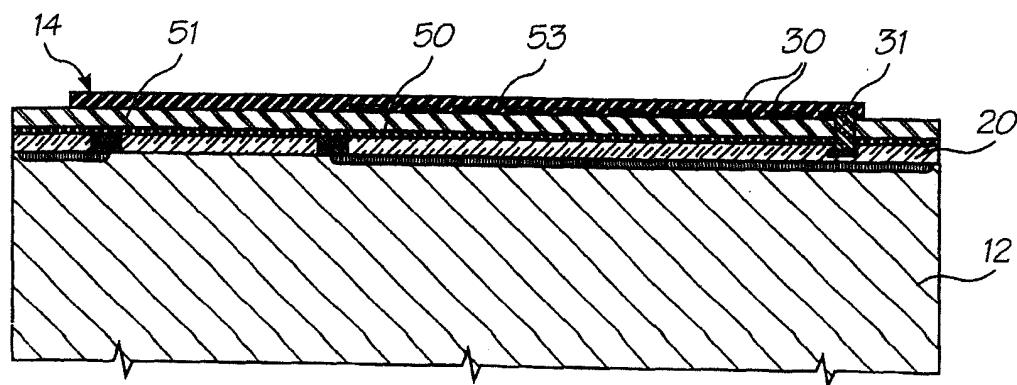
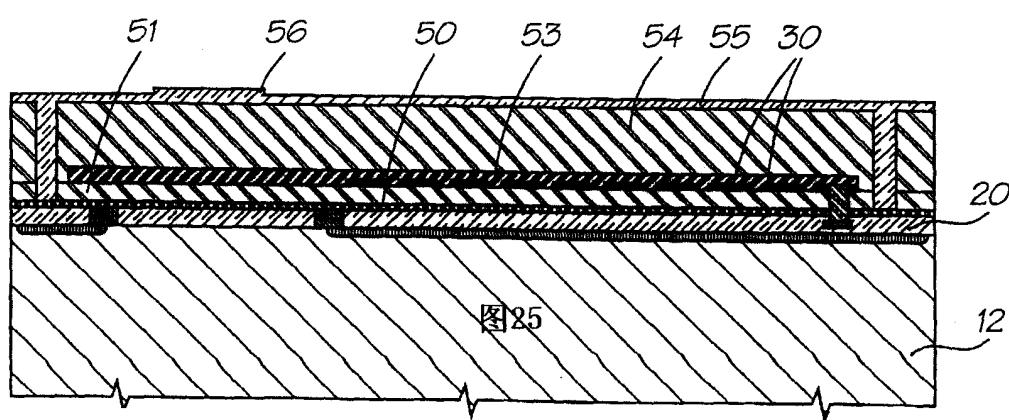
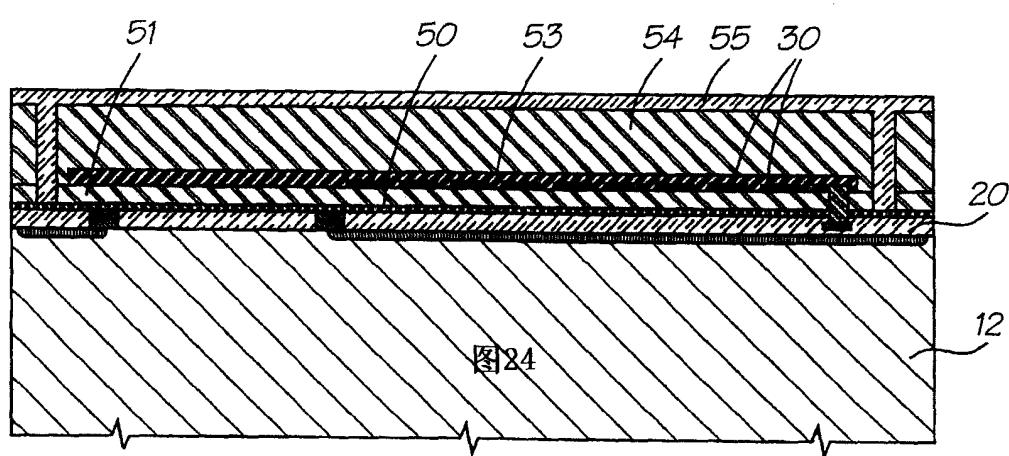
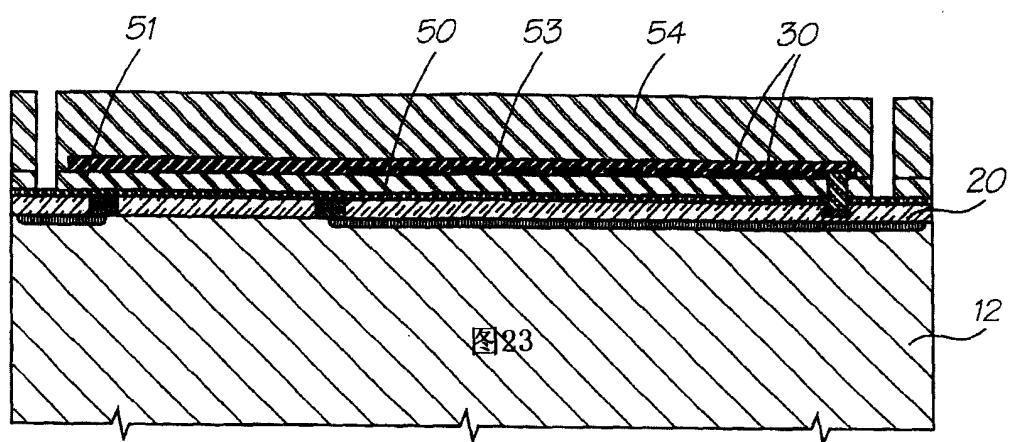


图22



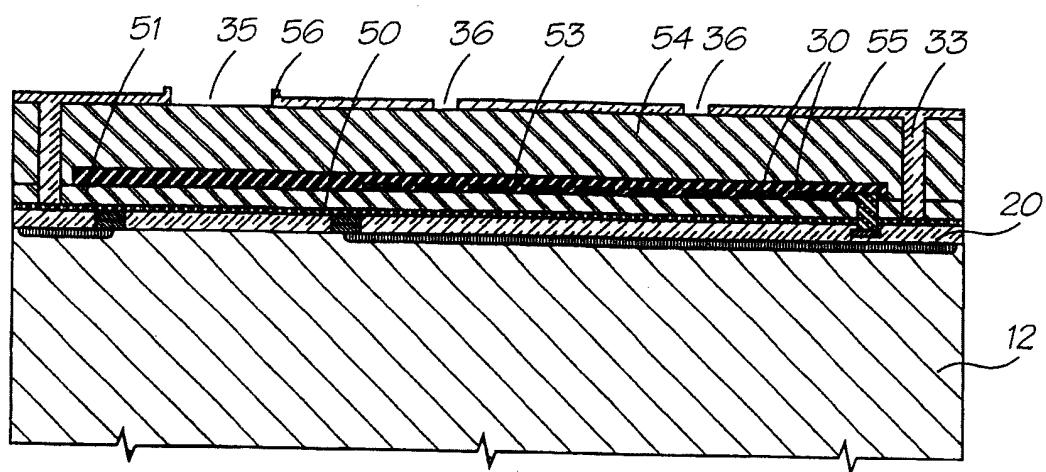


图26

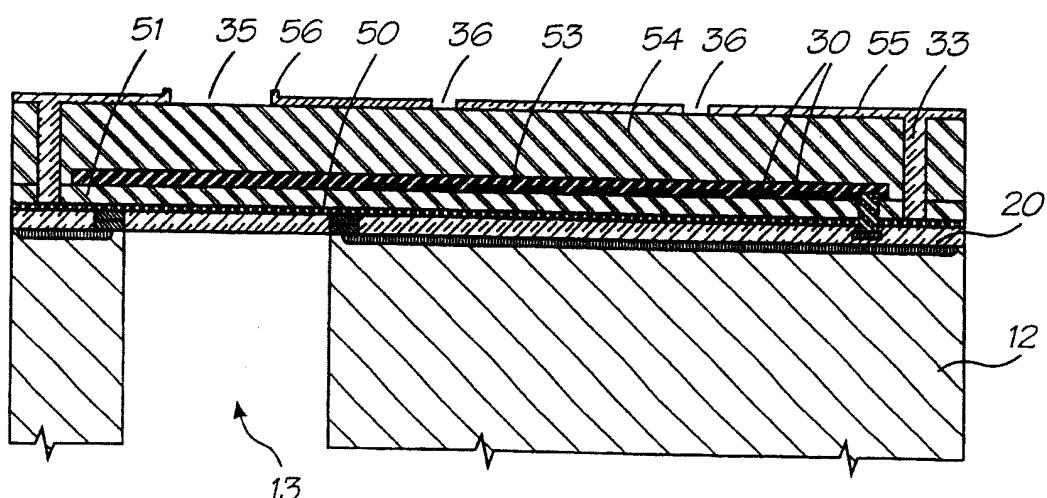


图27

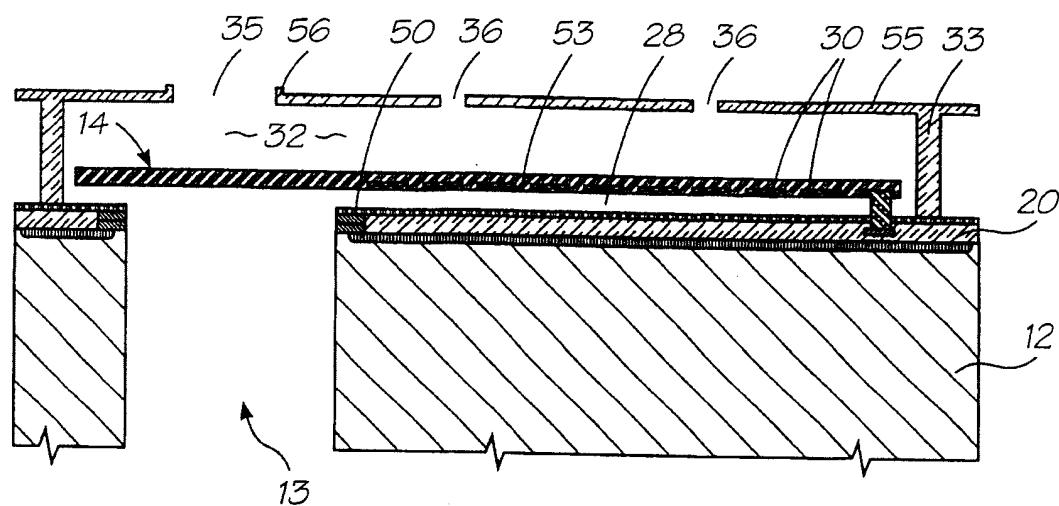


图28

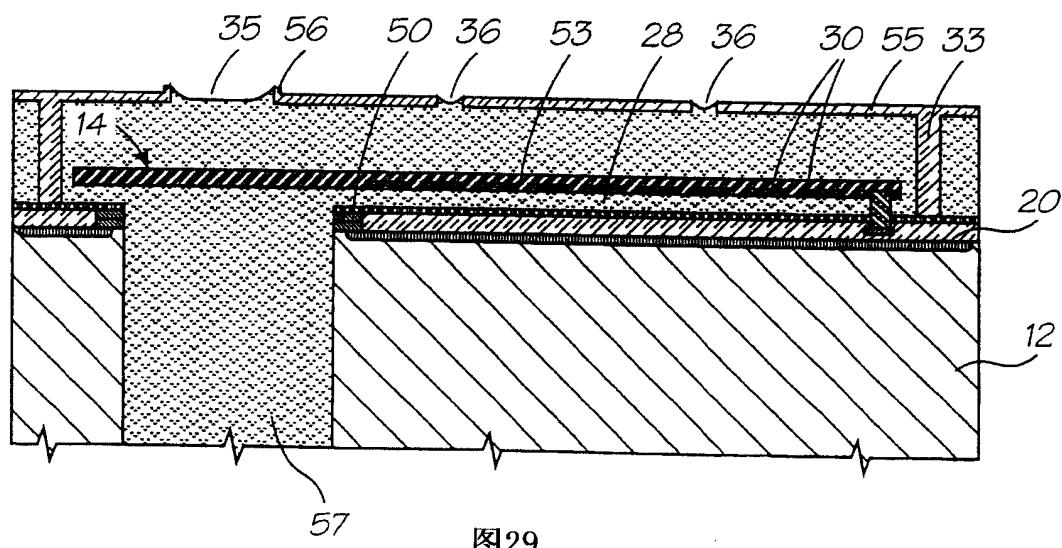


图29

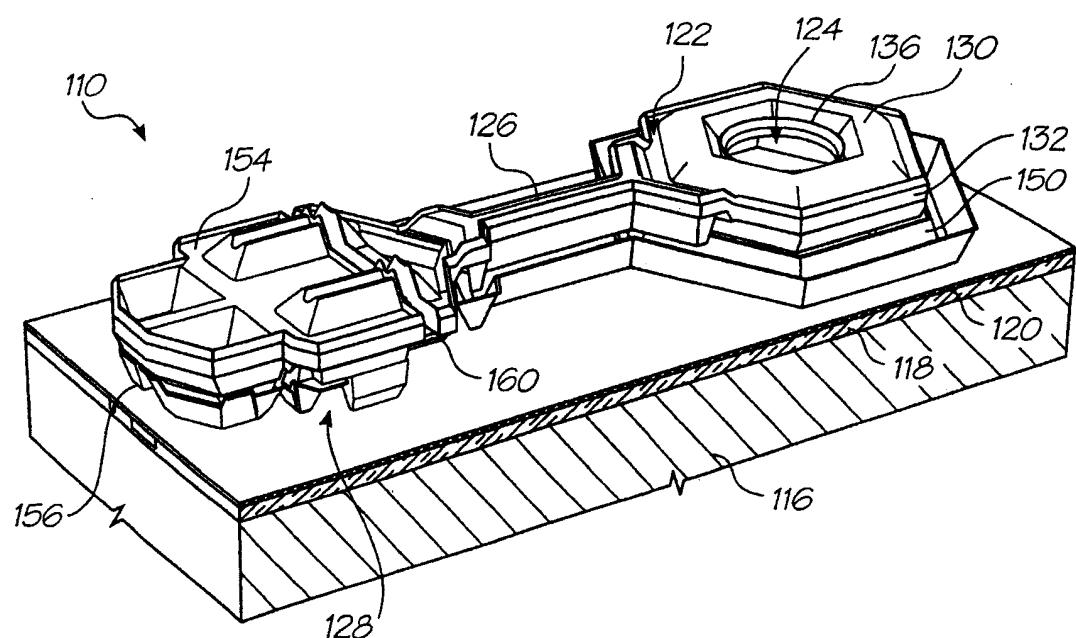


图30

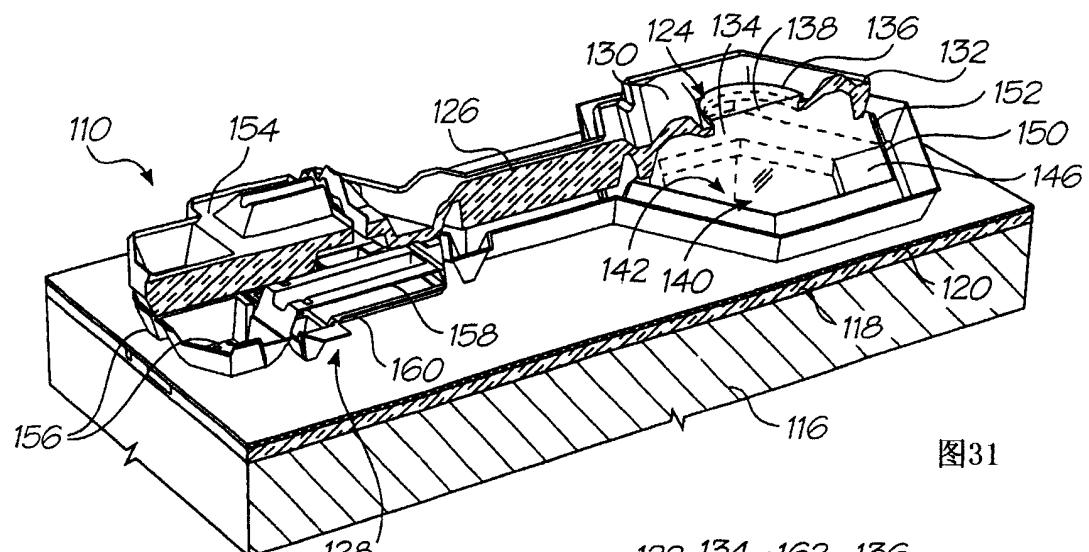


图31

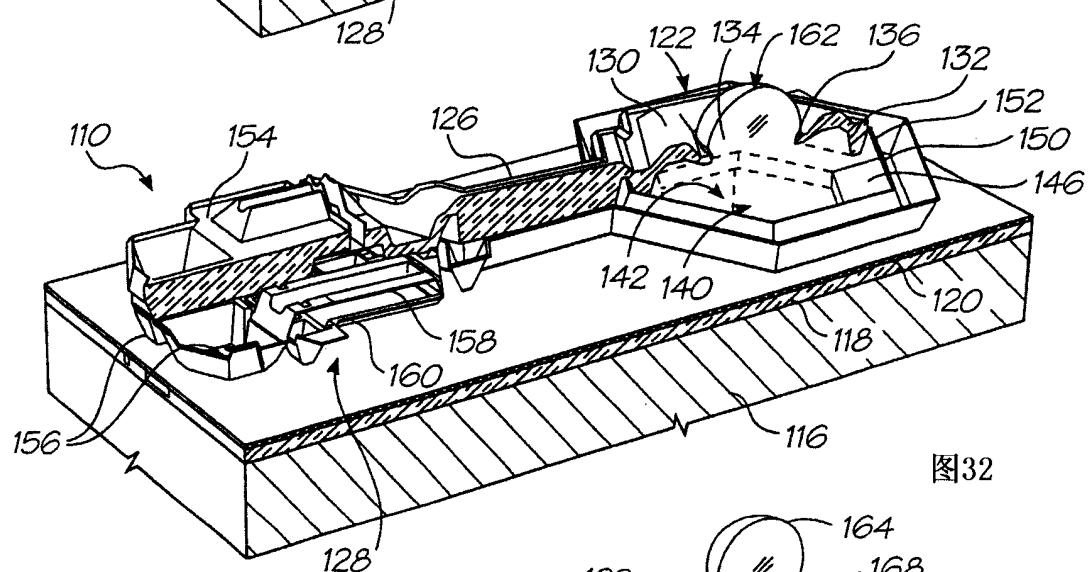


图32

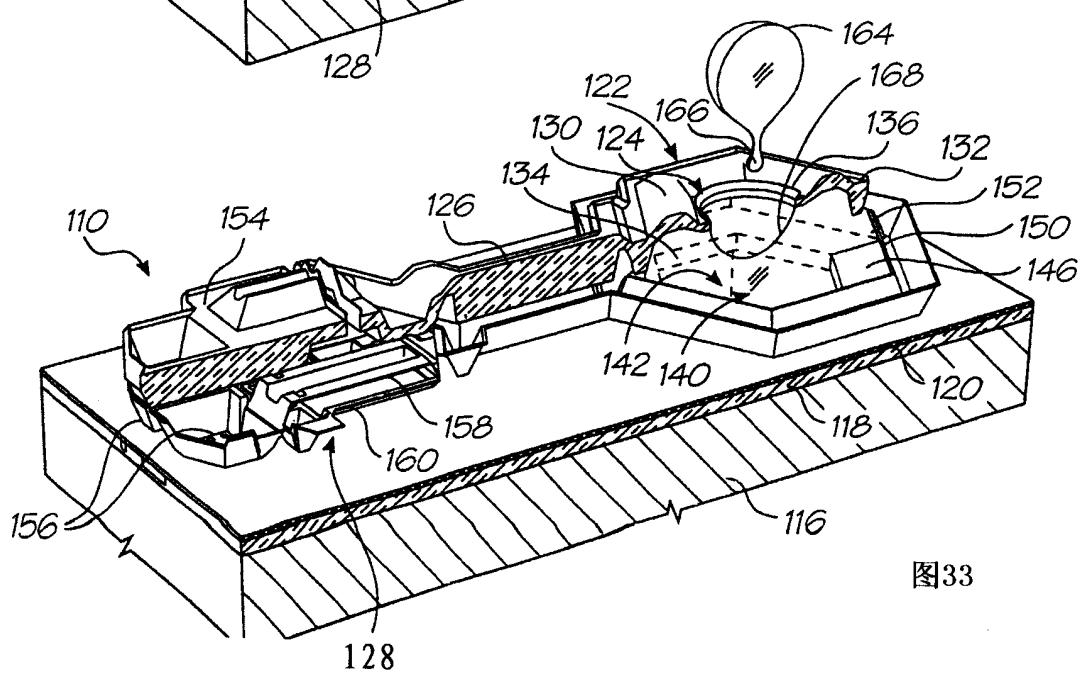


图33

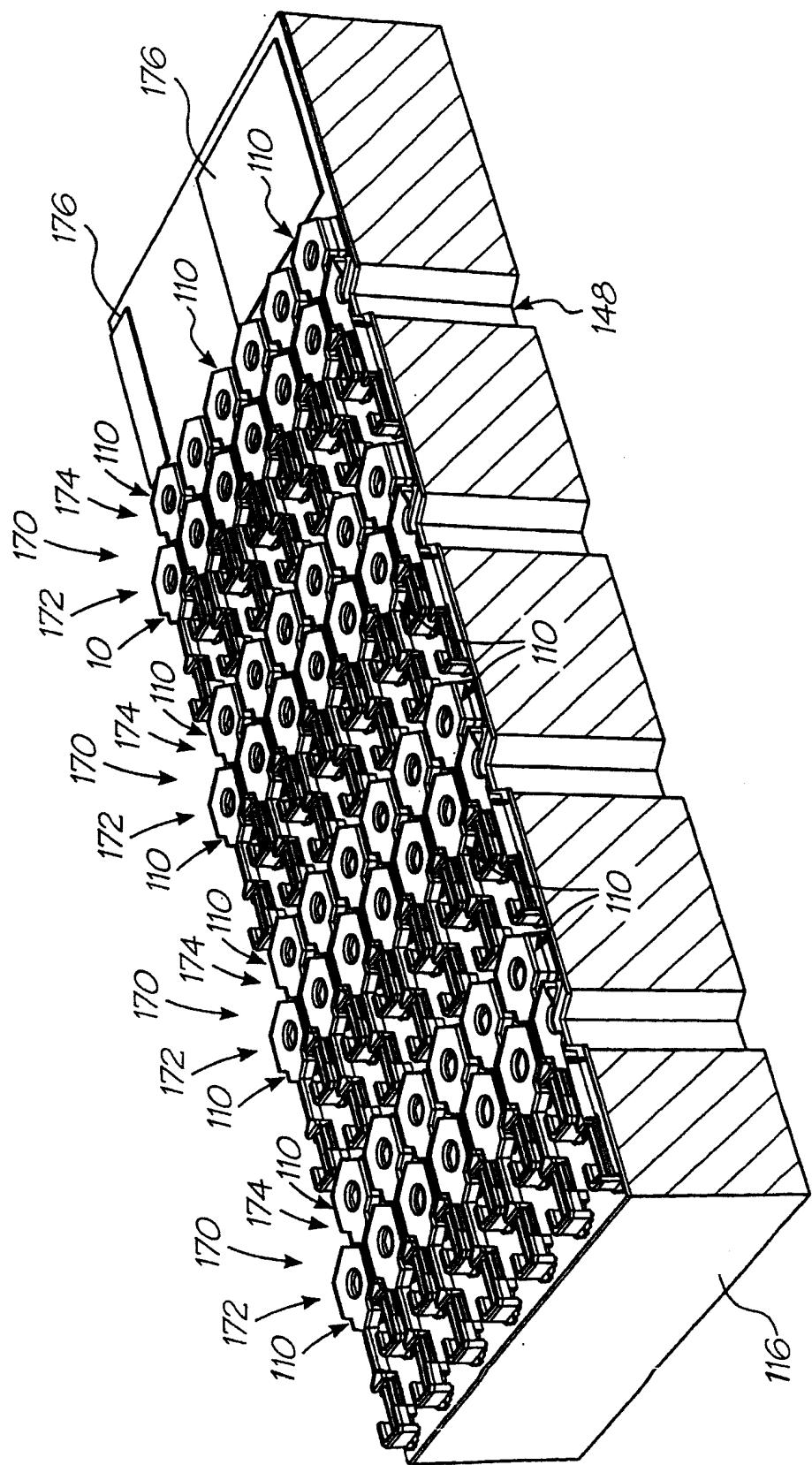


图34

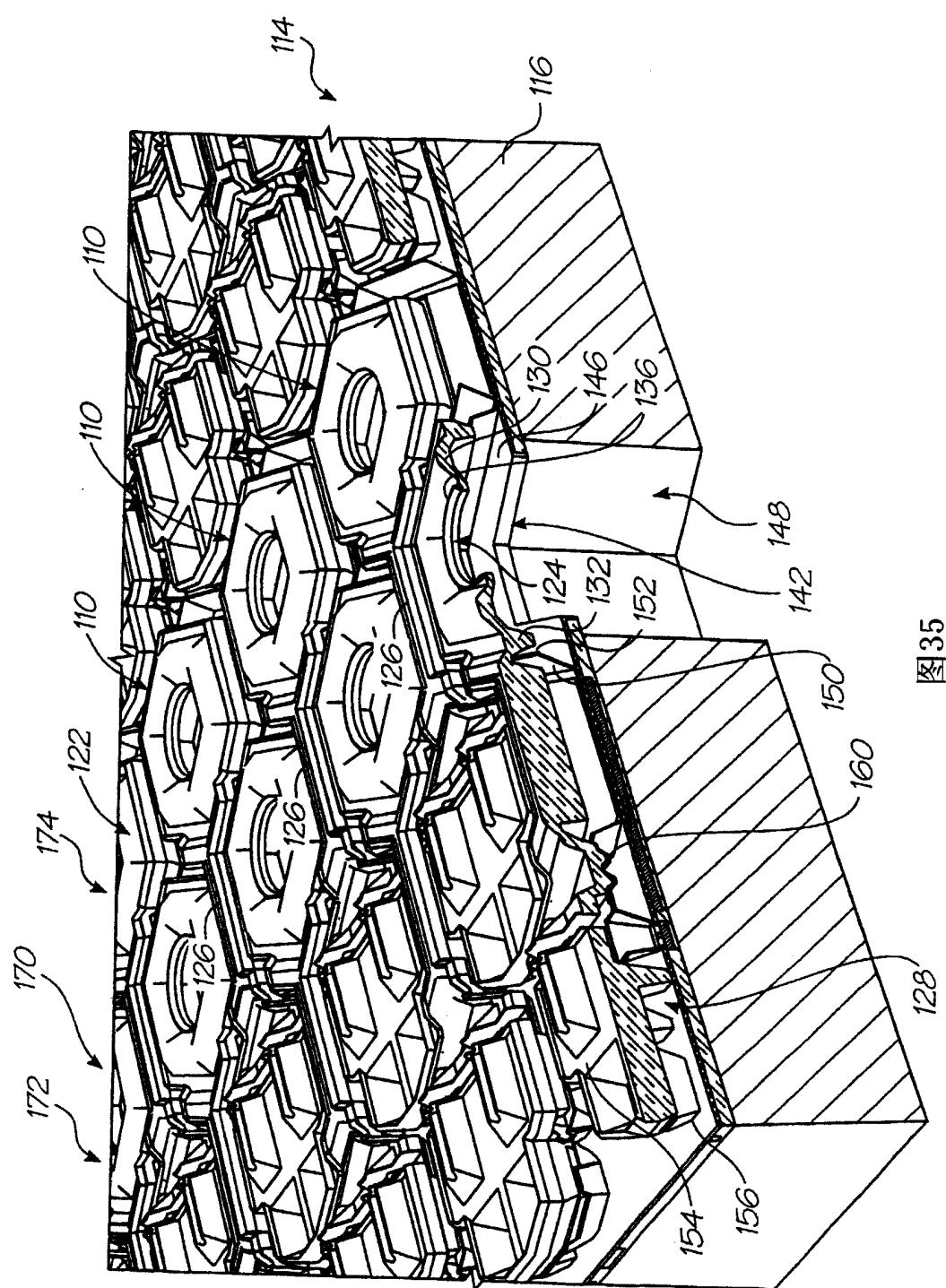


图35

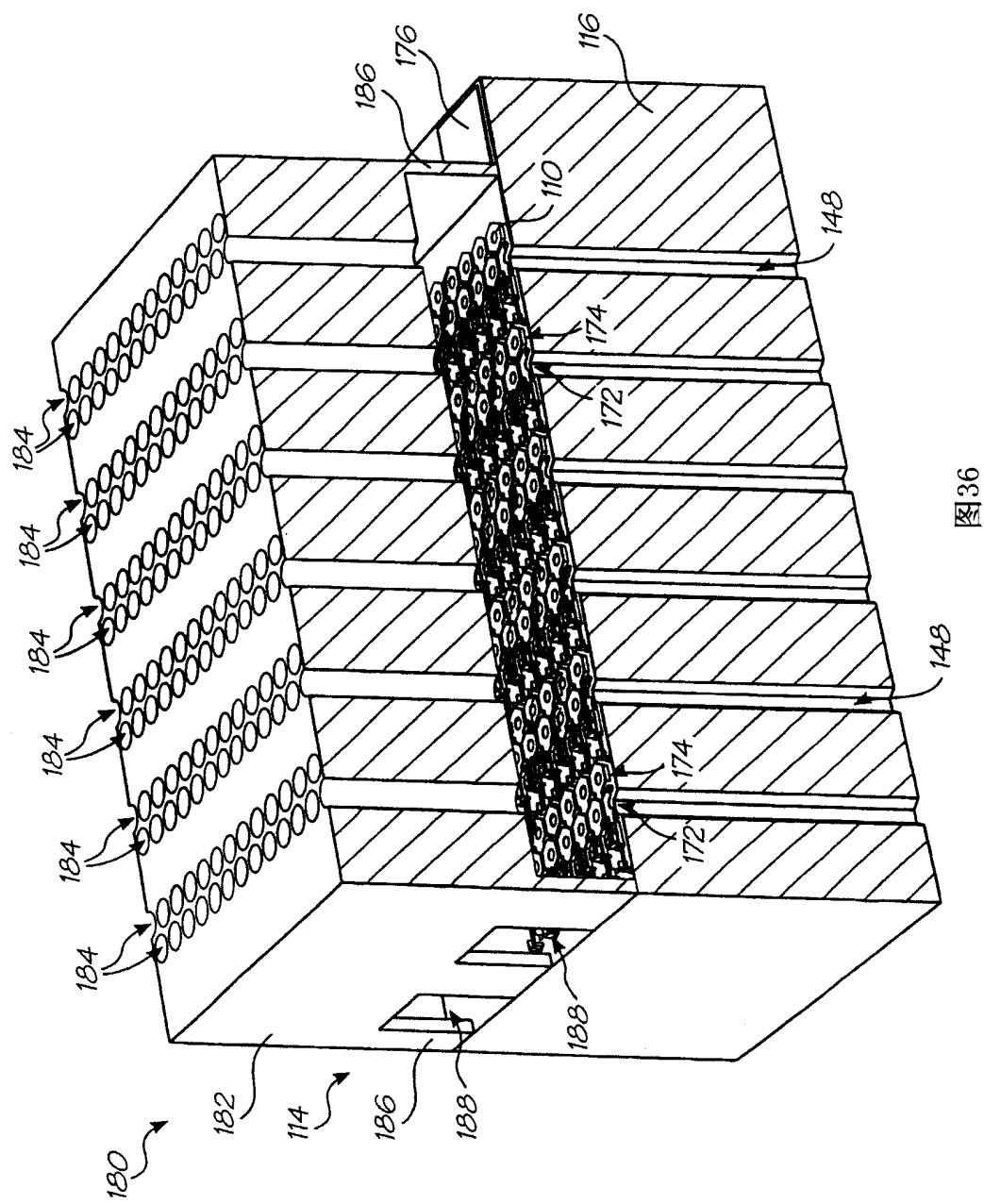


图36

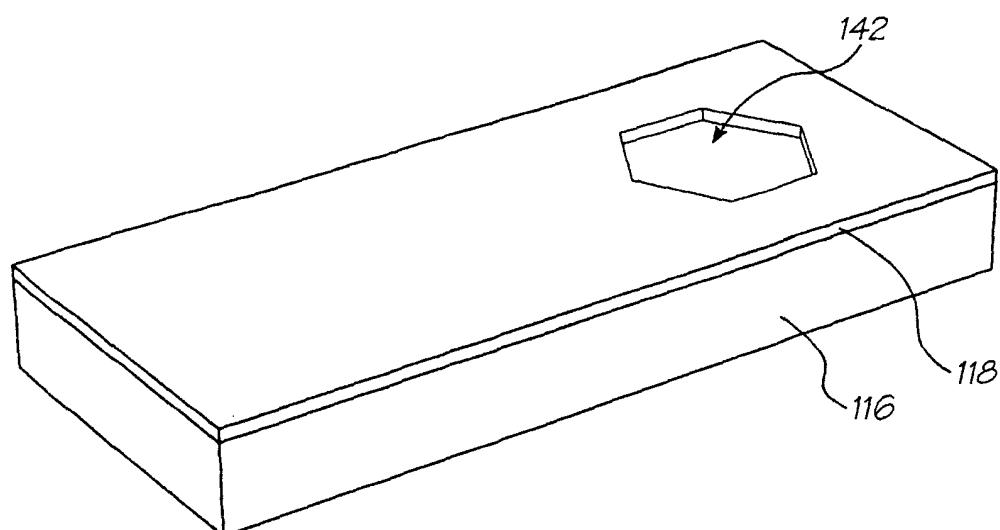


图37A

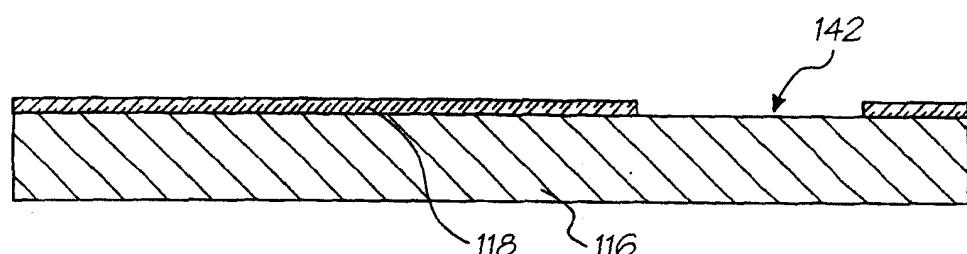


图38A

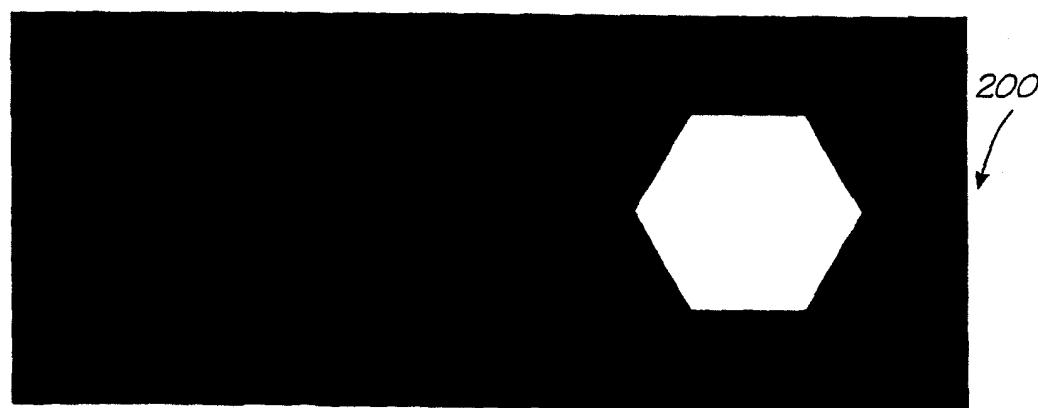


图39A

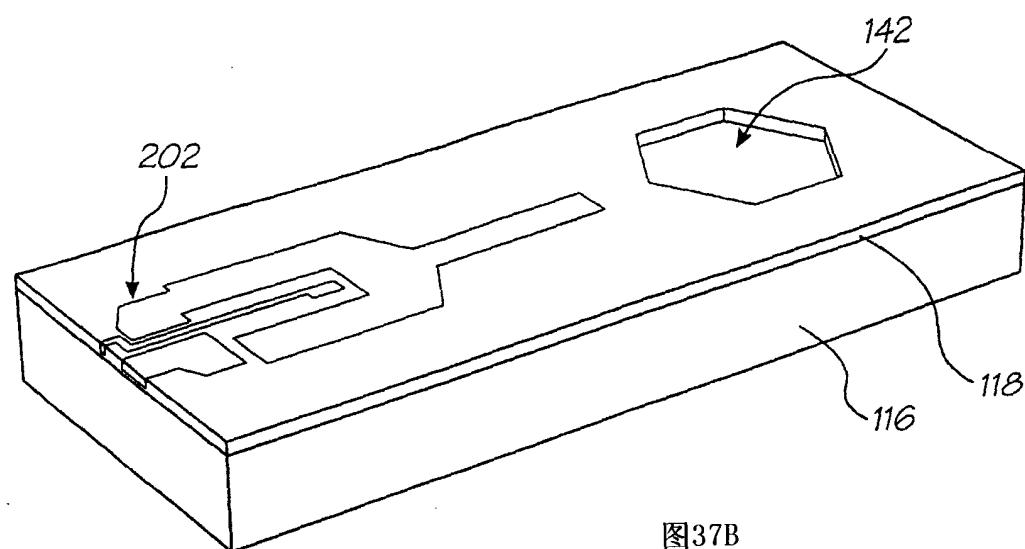


图37B

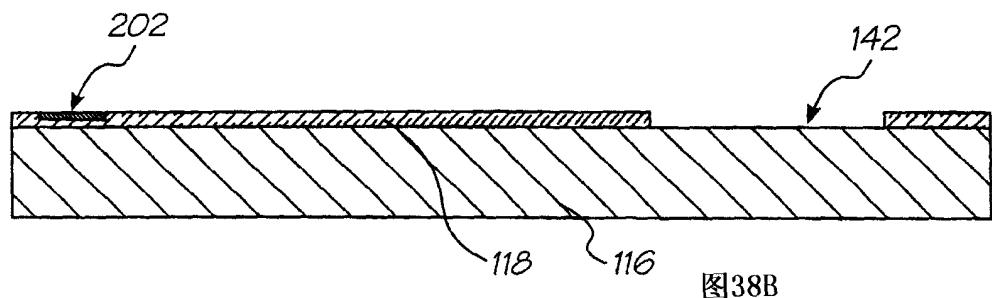


图38B

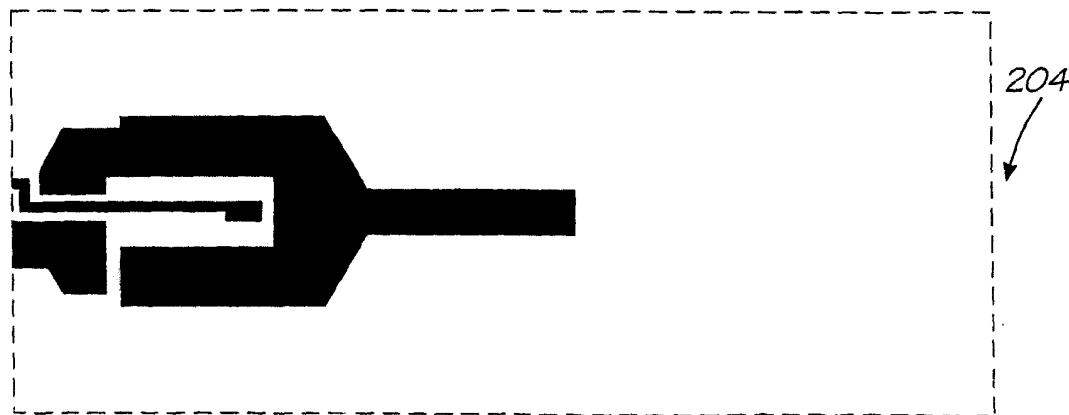


图39B

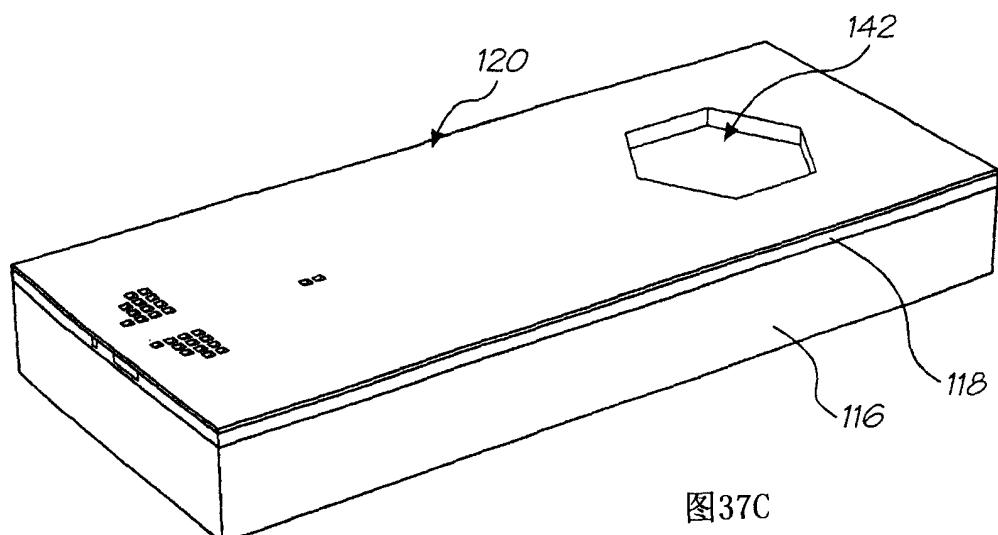


图37C

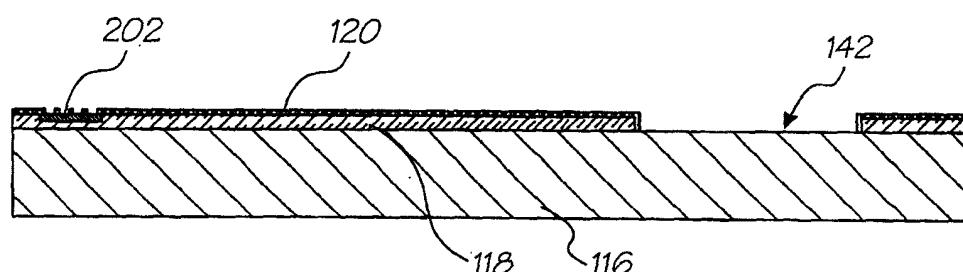


图38C



图39C

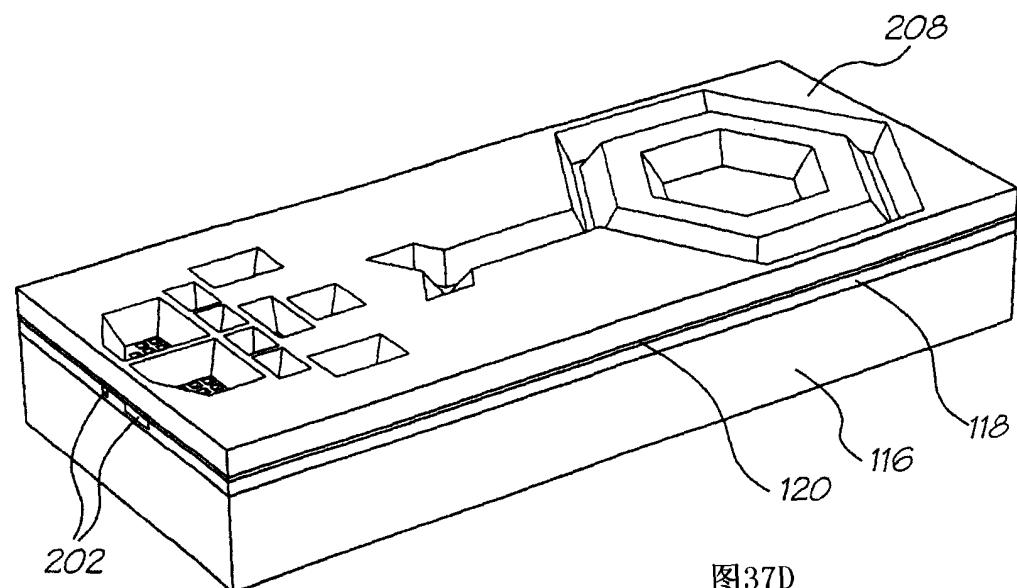


图37D

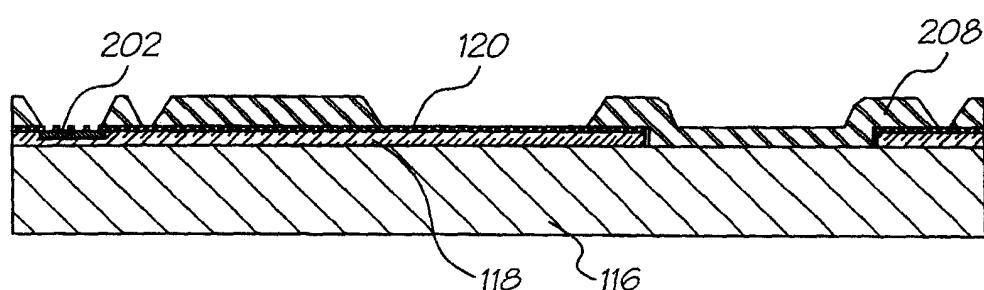


图38D

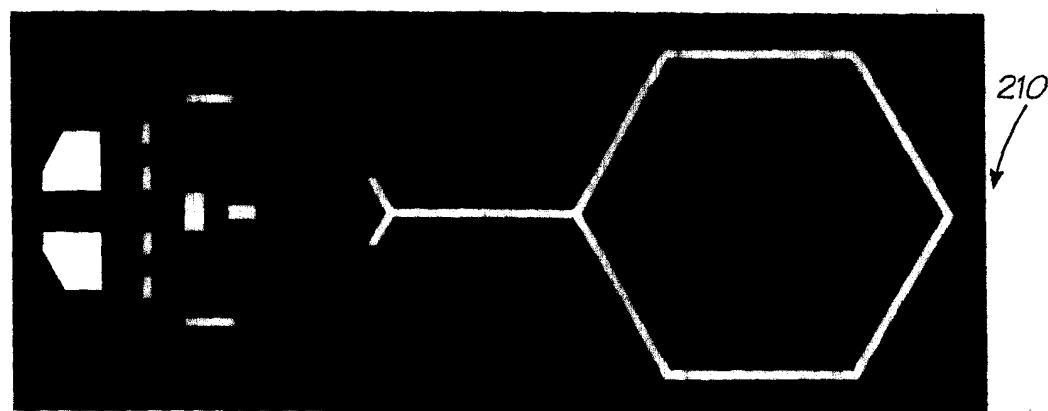


图39D

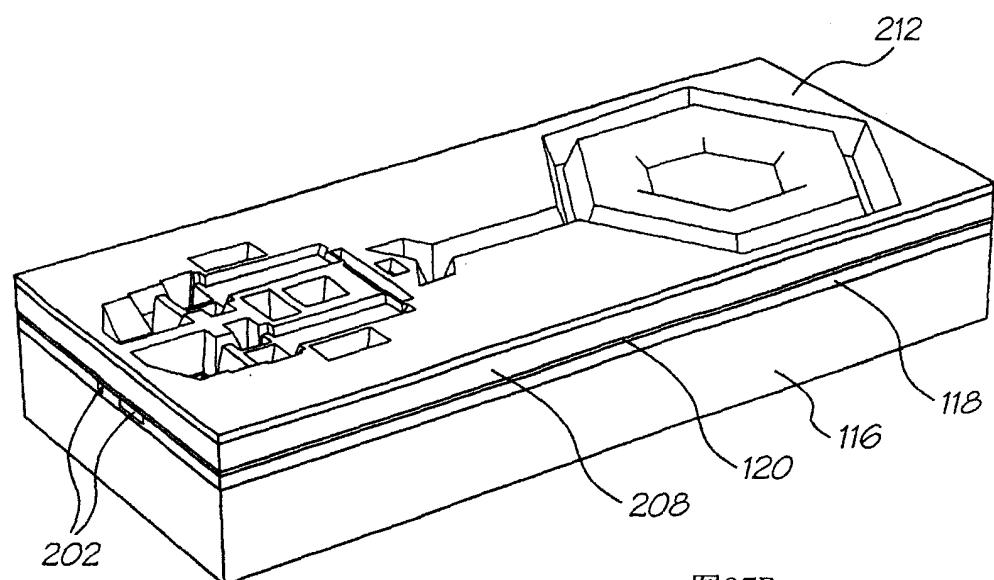


图37E

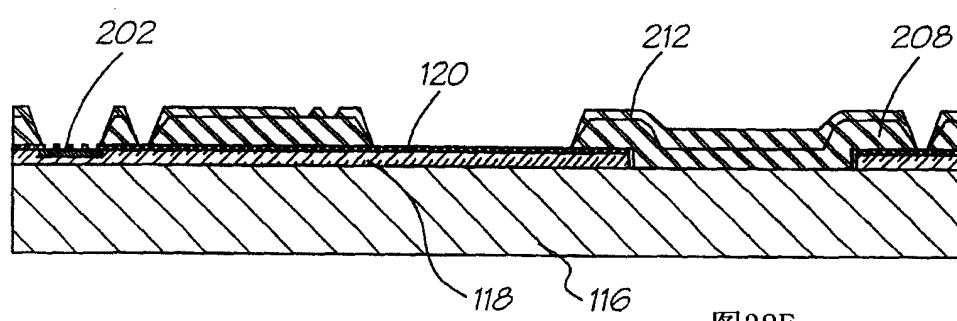


图38E

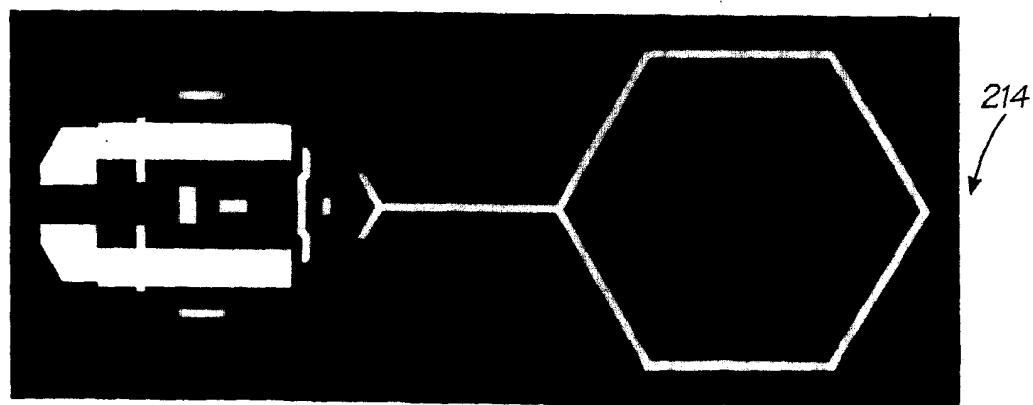


图39E

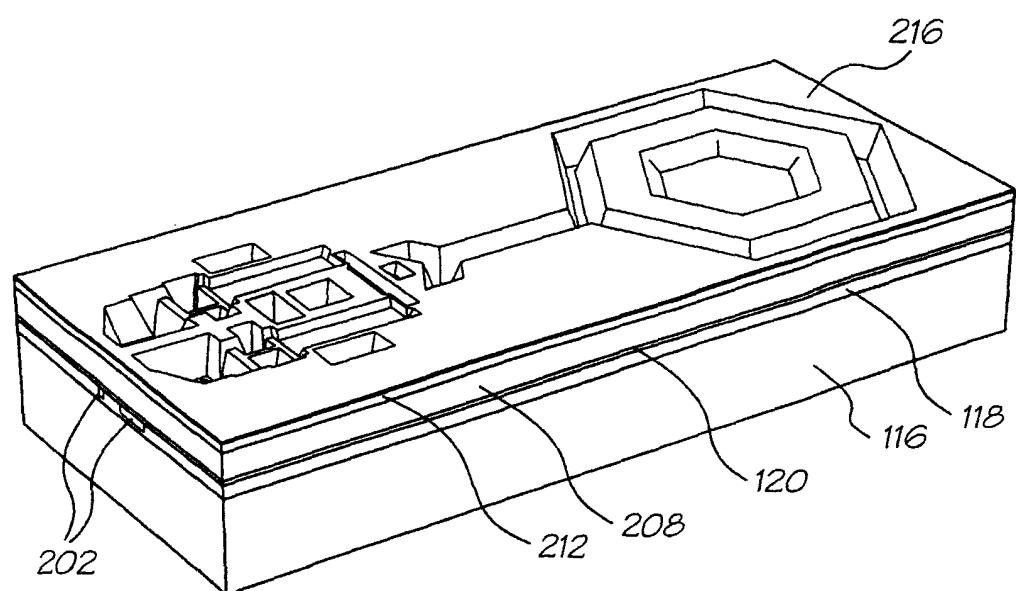


图37F

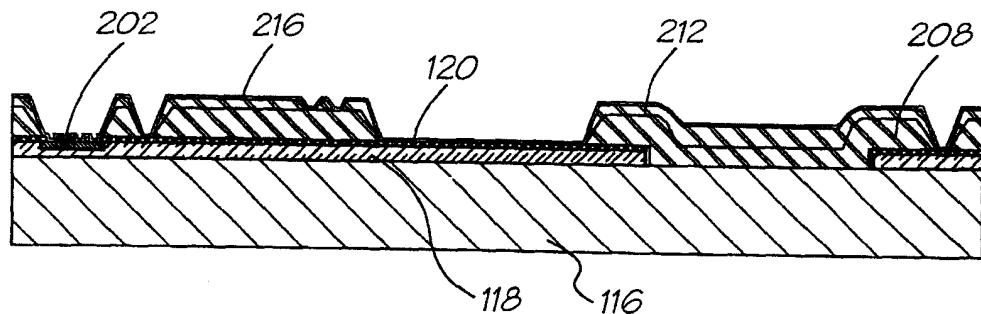


图38F

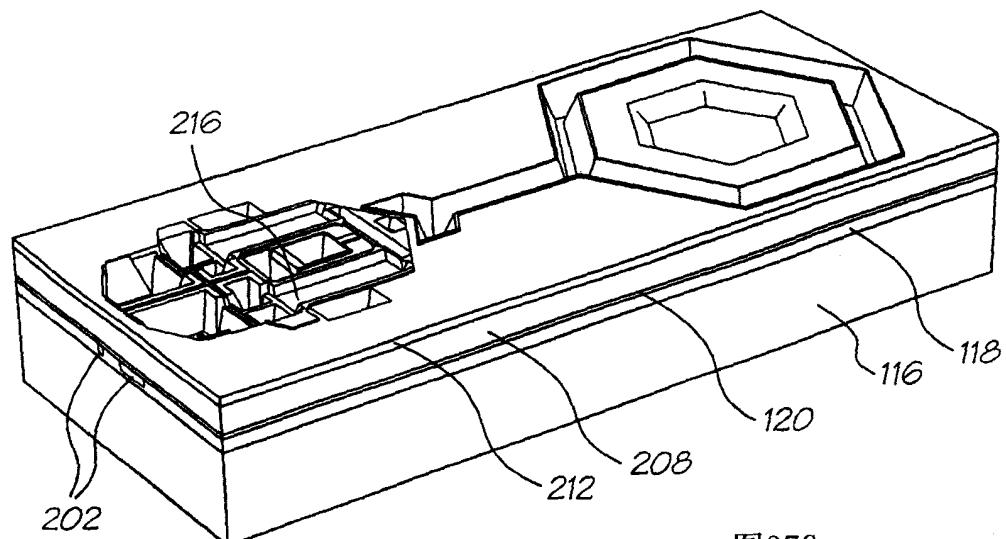


图37G

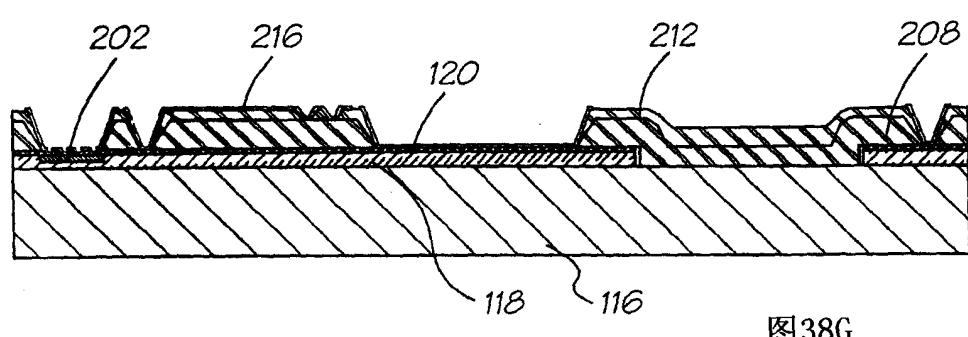


图38G

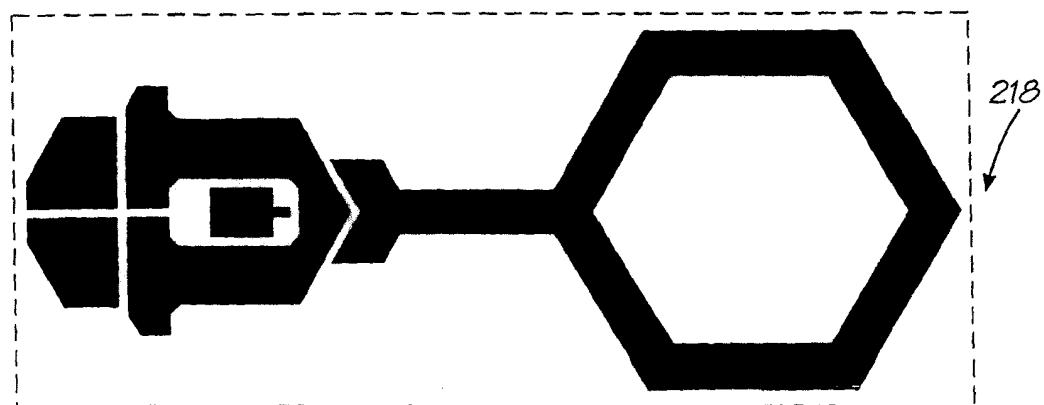


图39F

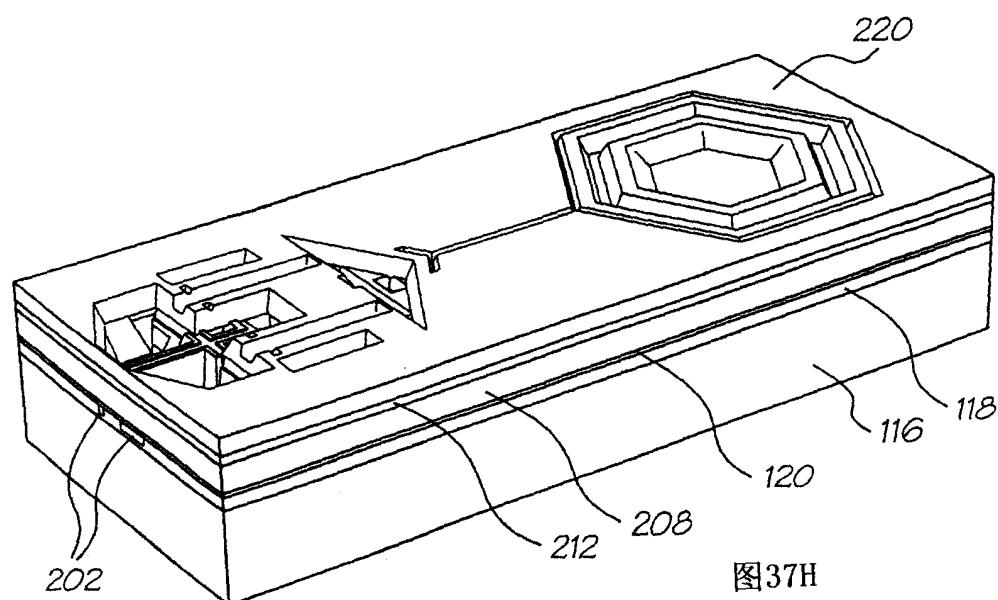


图37H

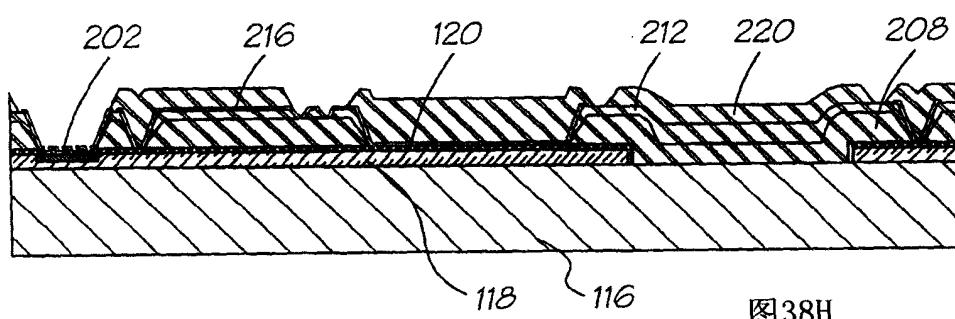


图38H

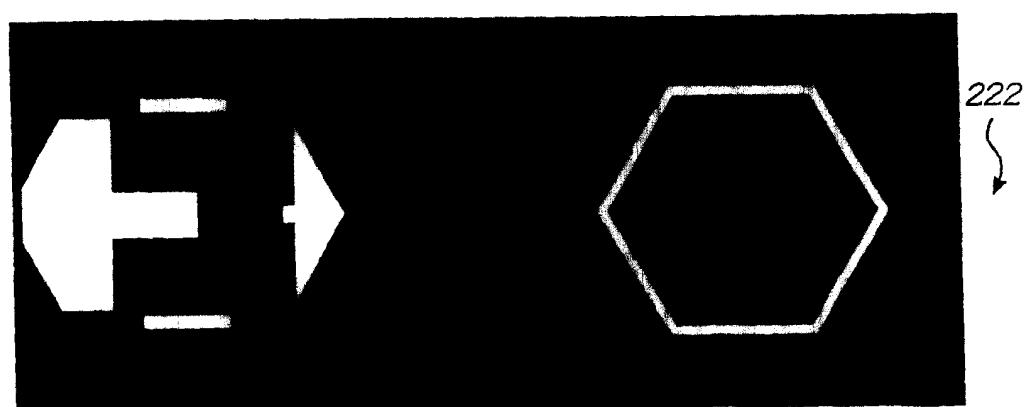


图39G

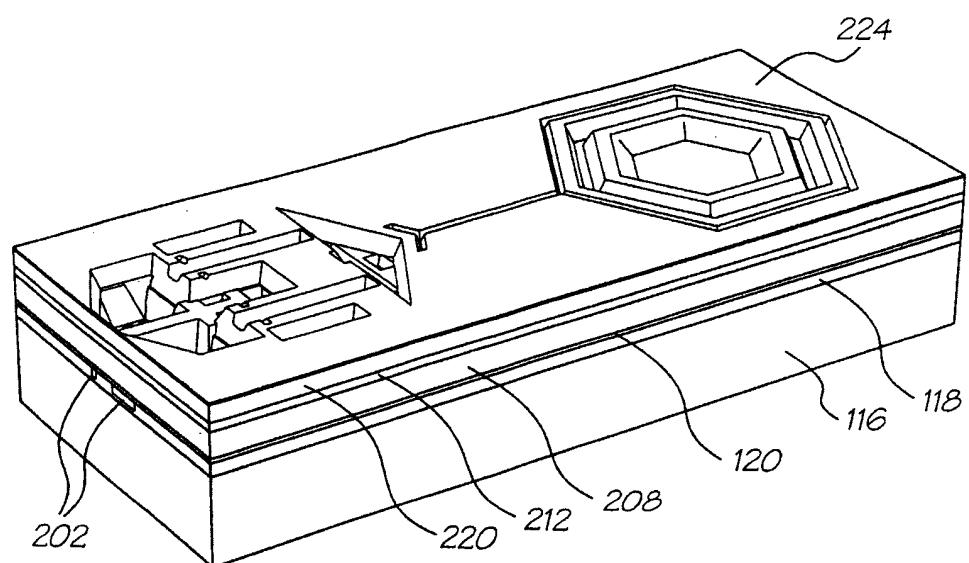


图37I

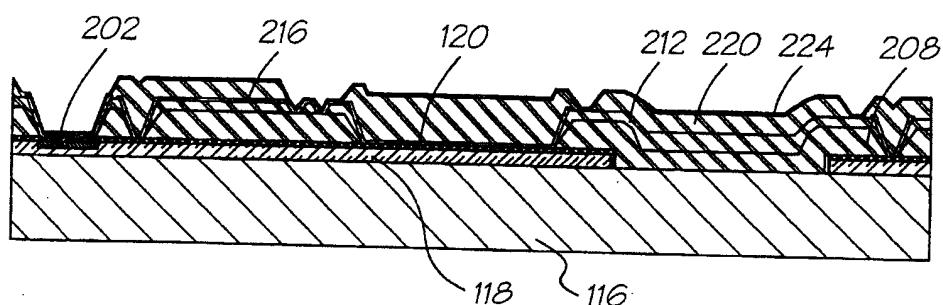


图38I

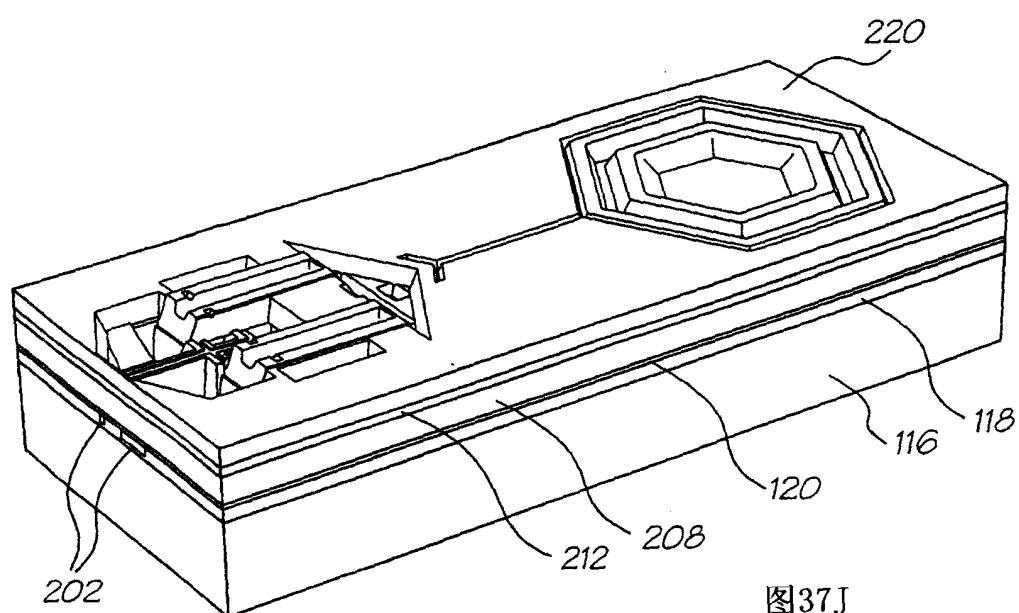


图37J

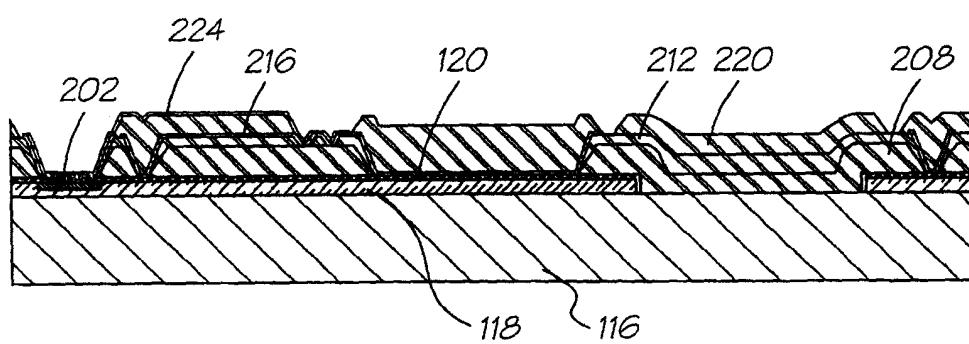


图38J

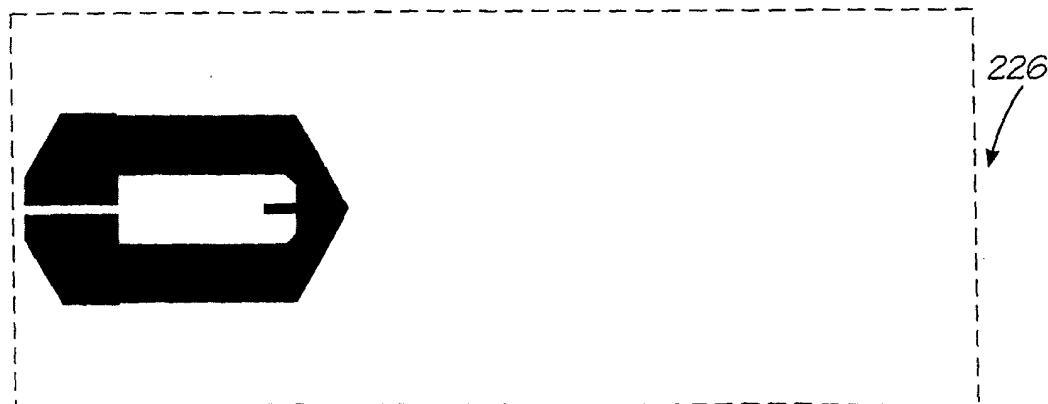


图39H

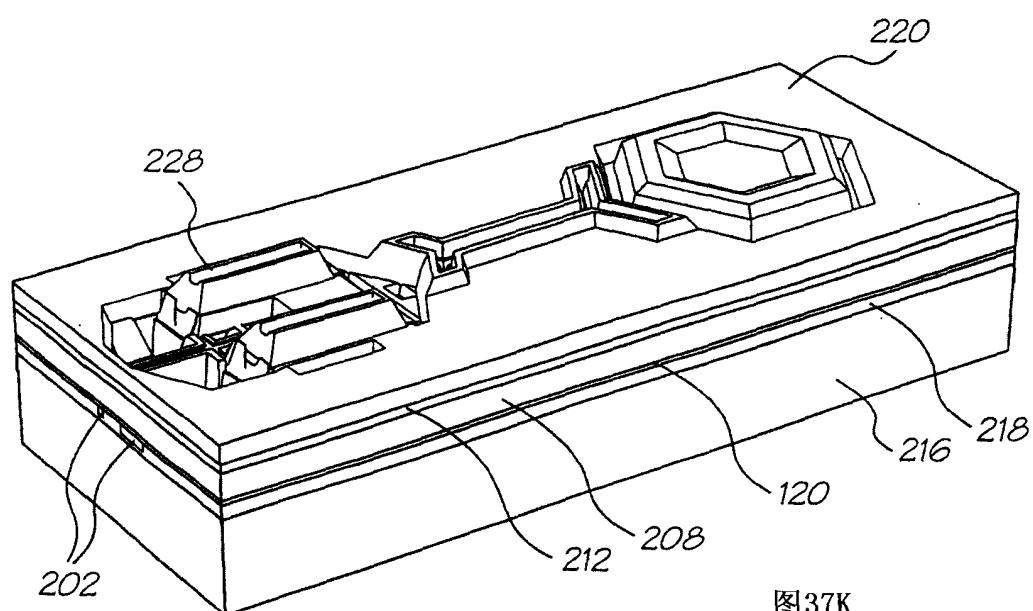


图37K

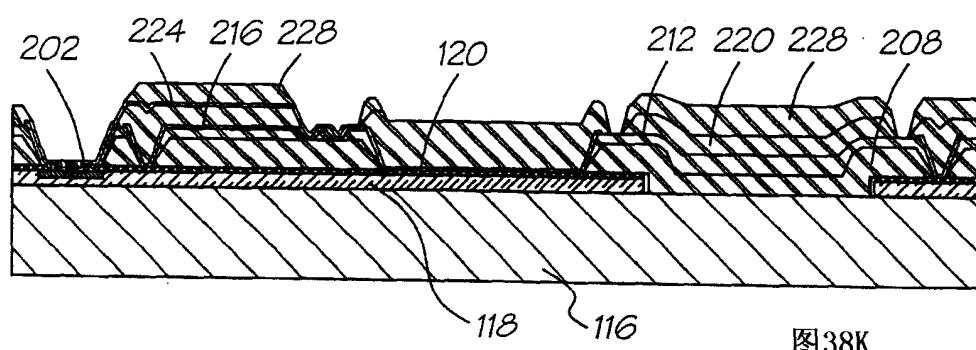


图38K

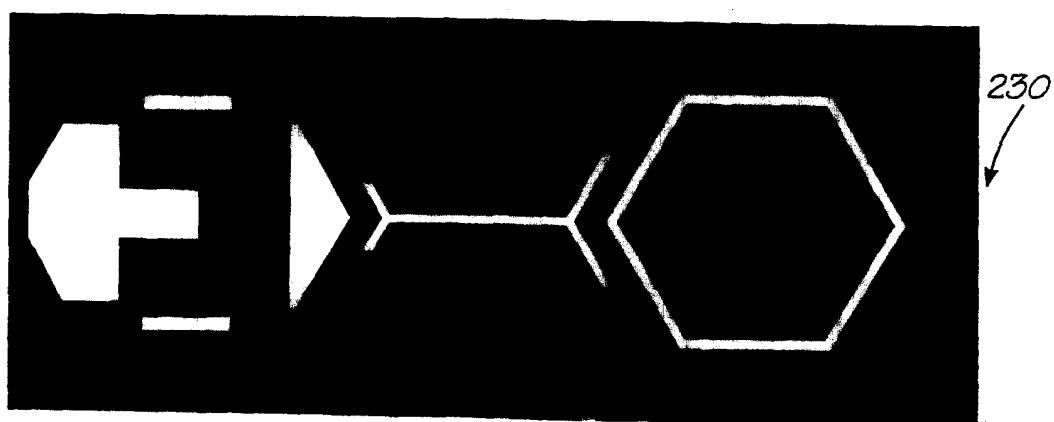


图39I

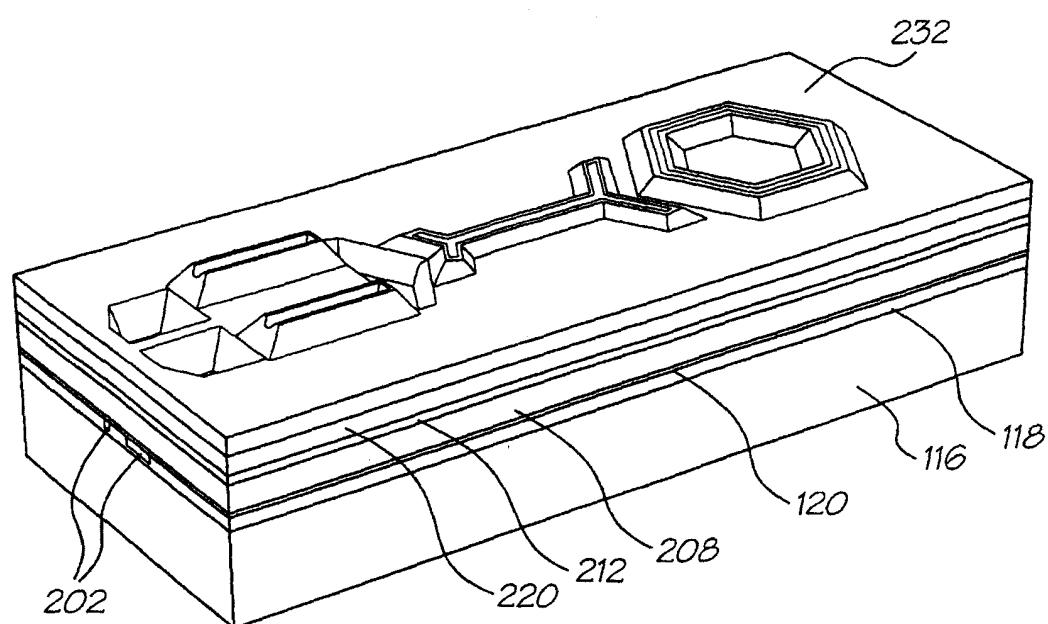


图37L

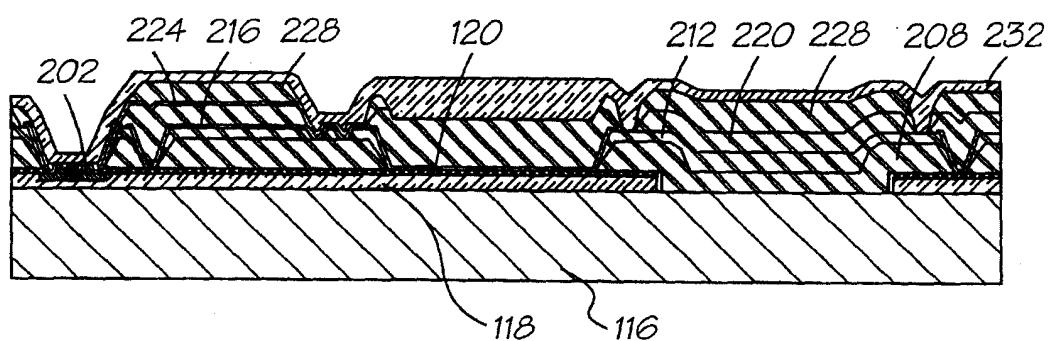


图38L

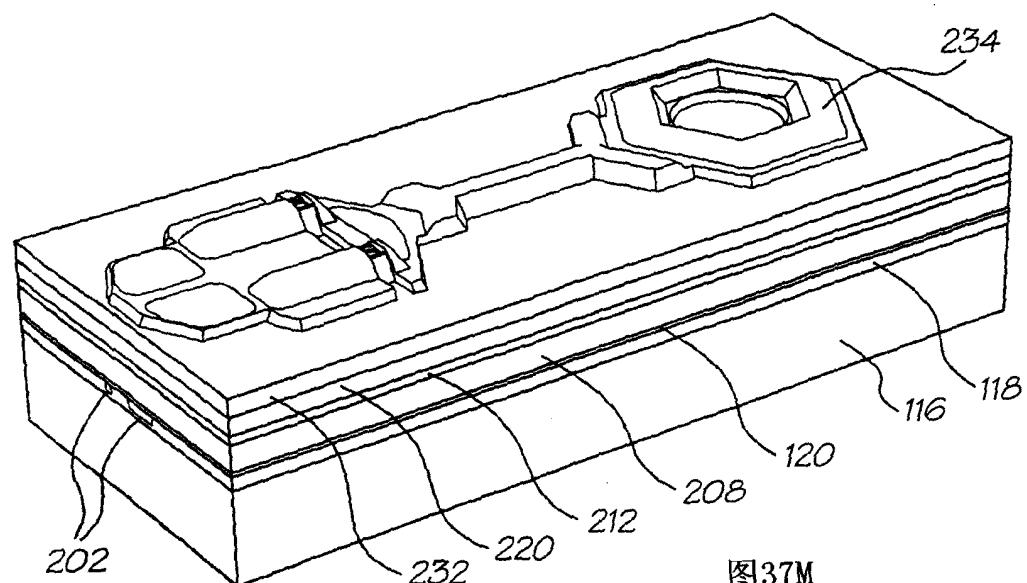


图37M

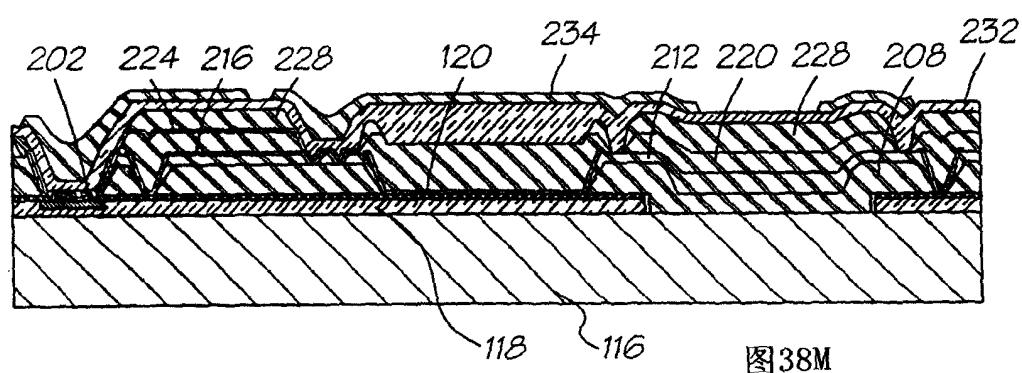


图38M

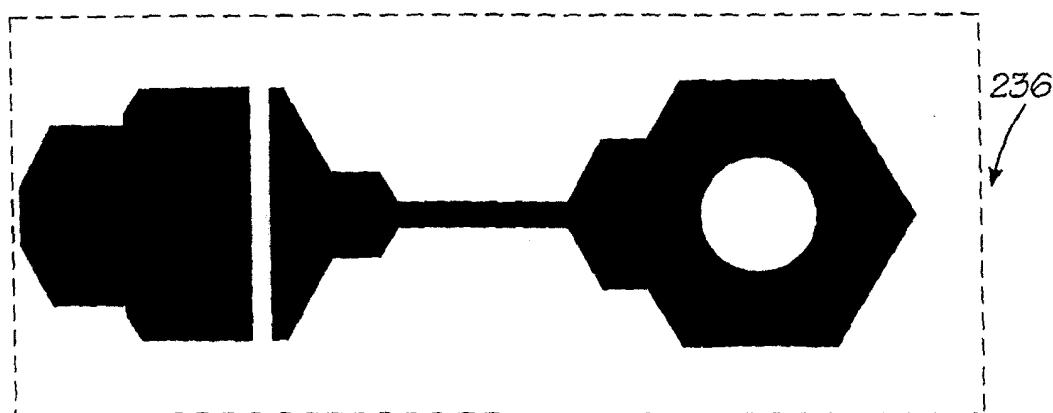


图39J

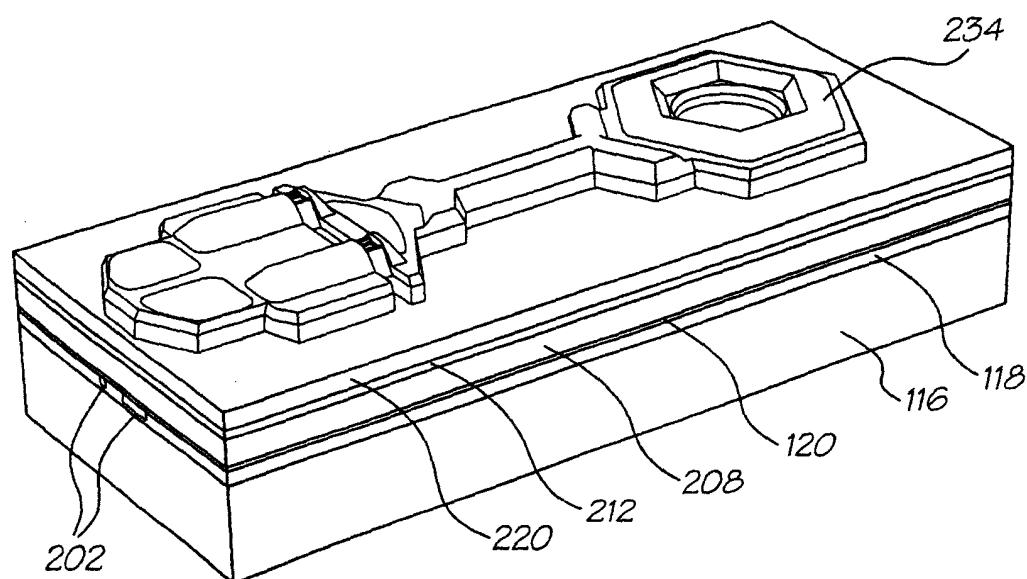


图37N

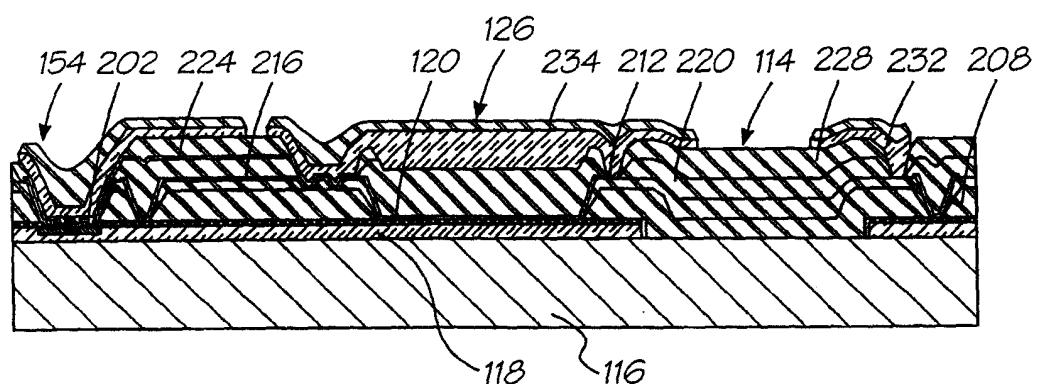


图38N

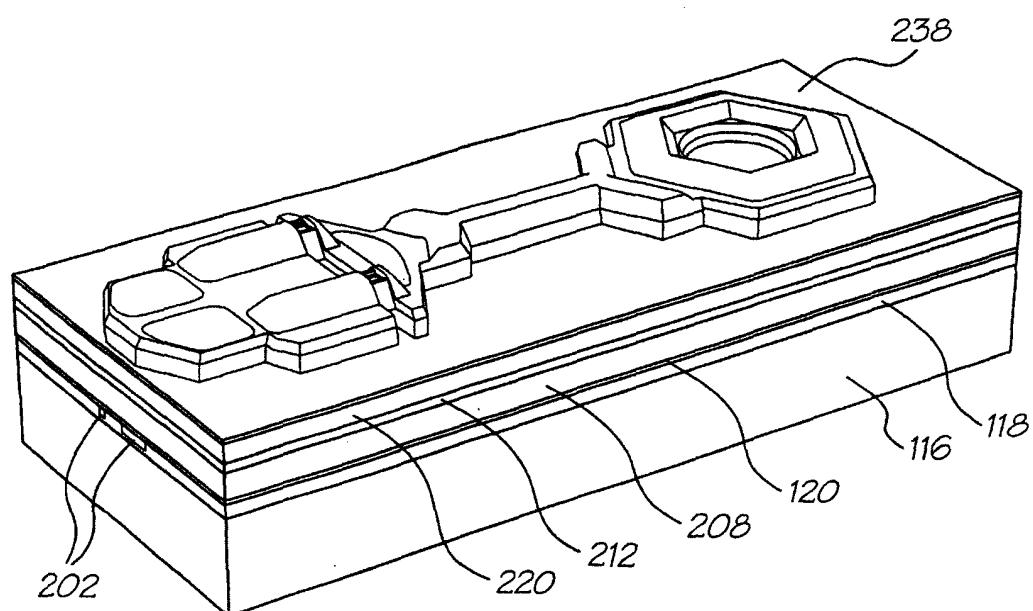


图370

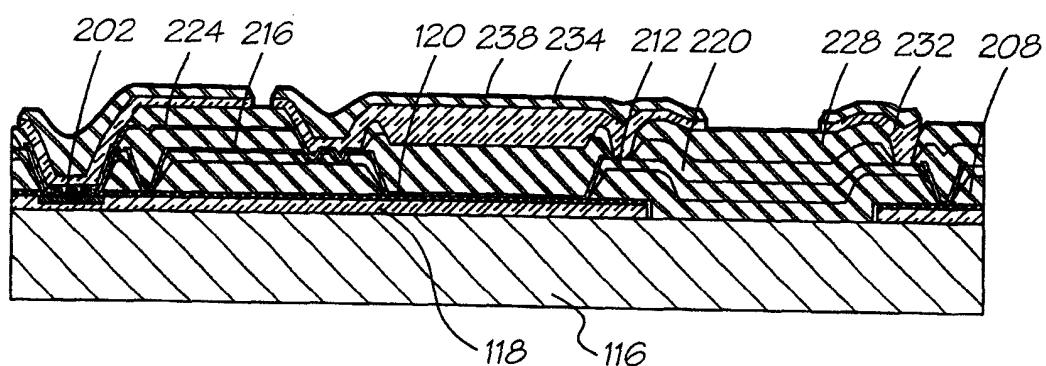


图380

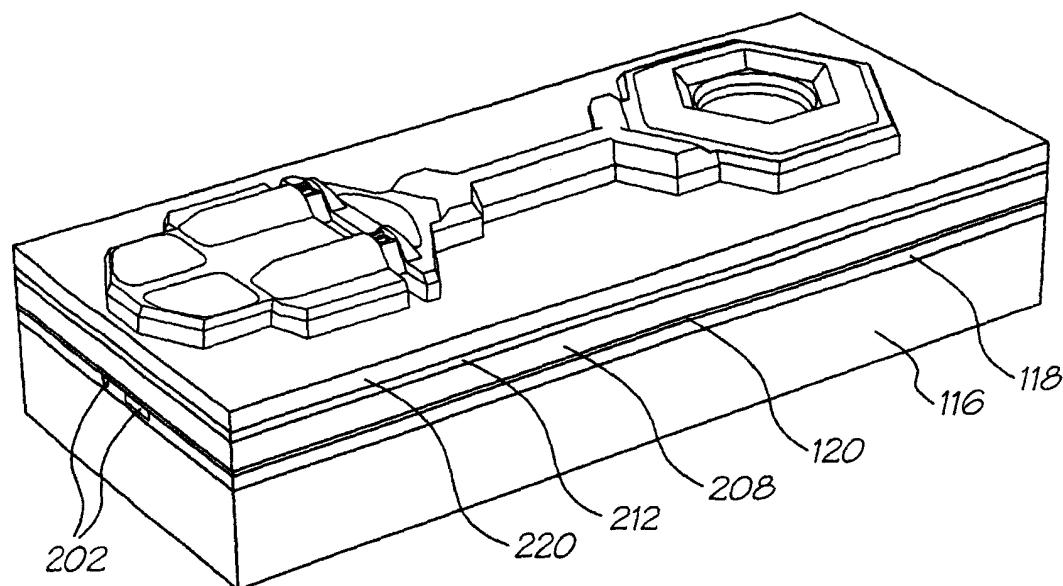


图37P

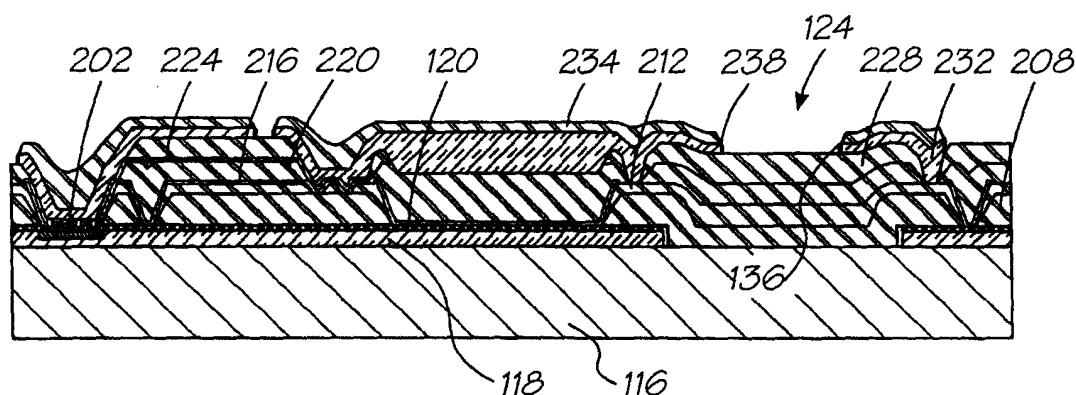


图38P

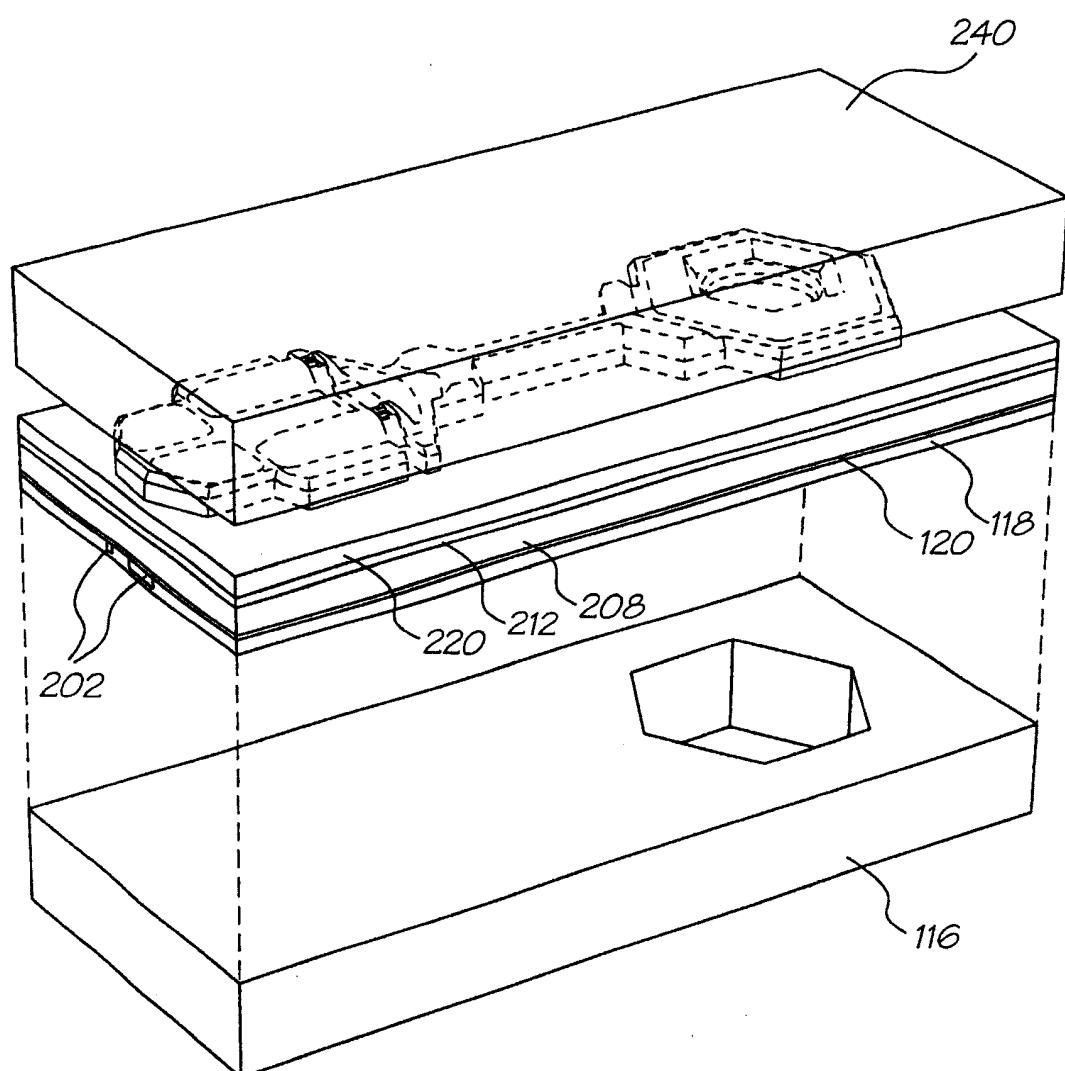


图37Q

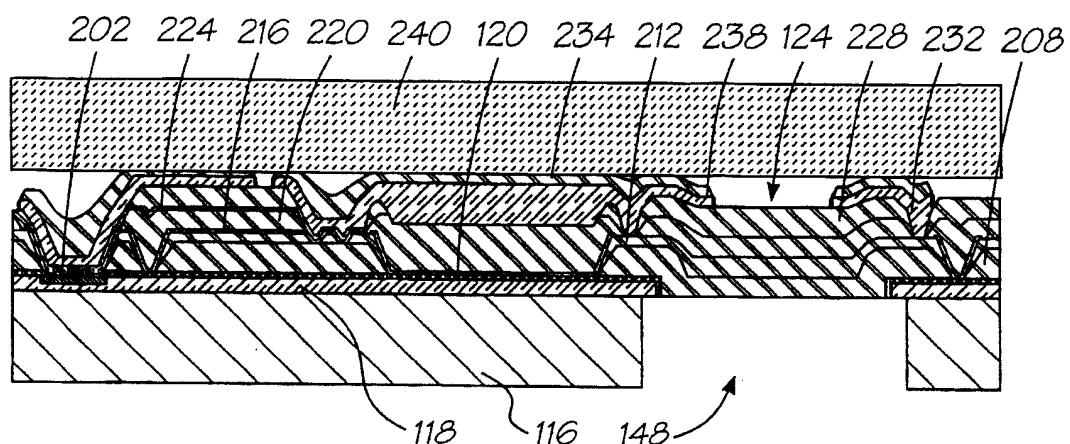


图38Q

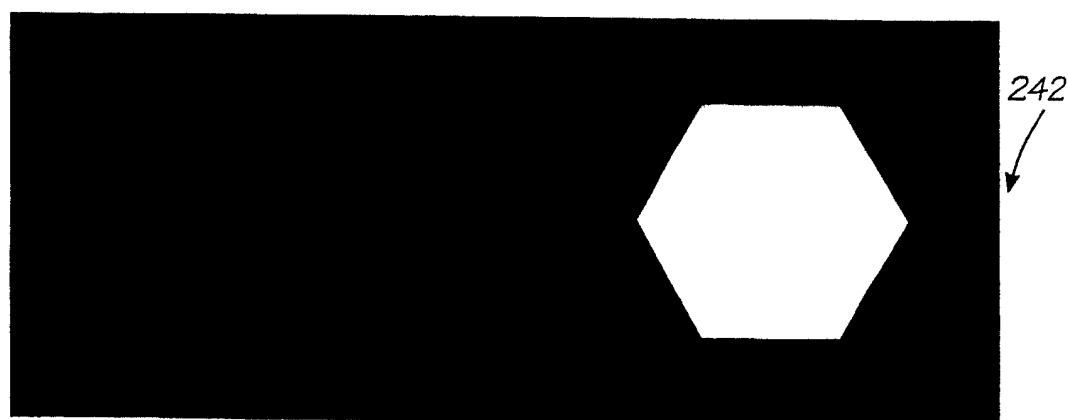


图39K

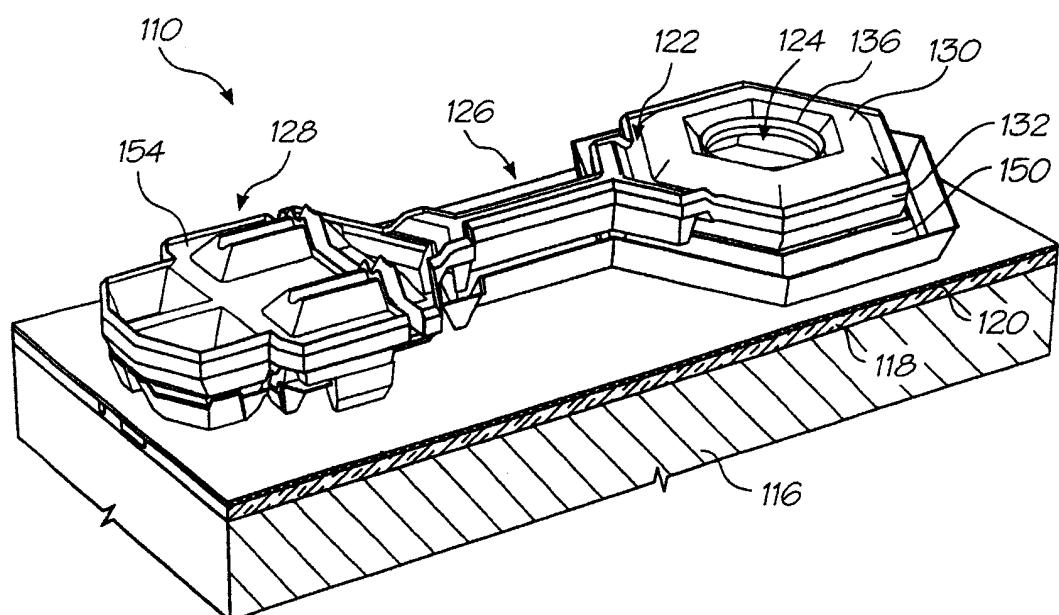


图37R

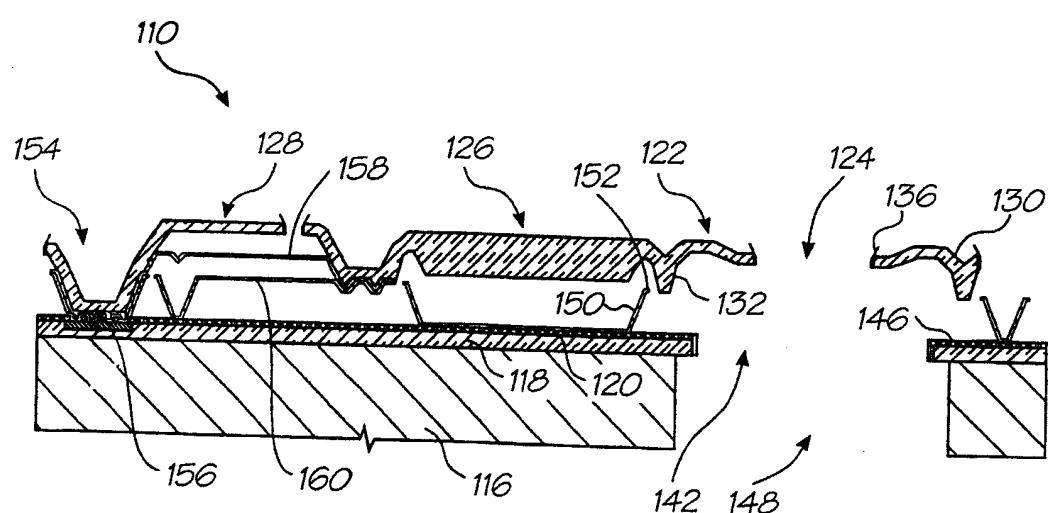


图38R

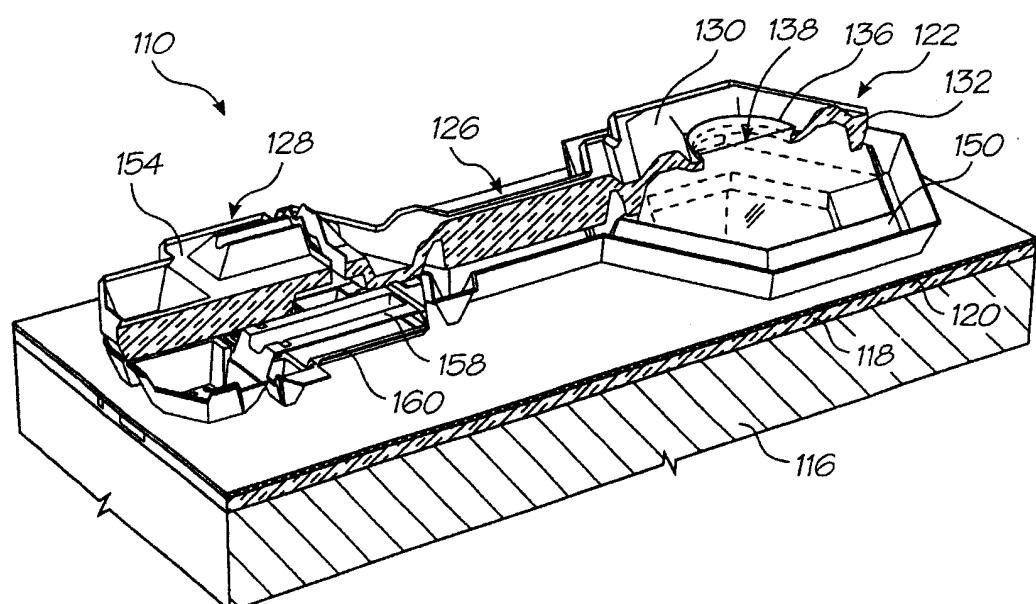


图40A

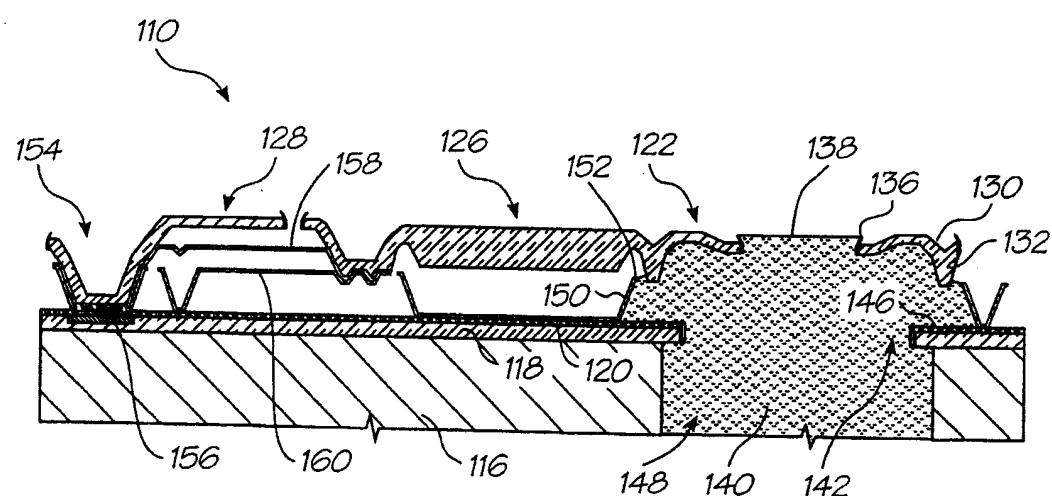


图41A

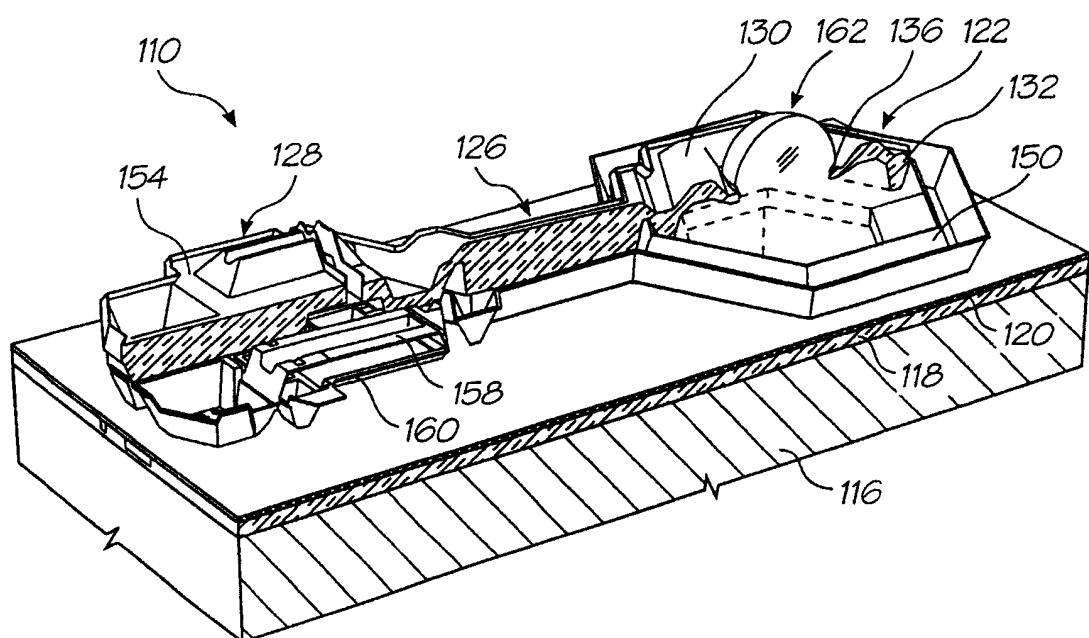


图40B

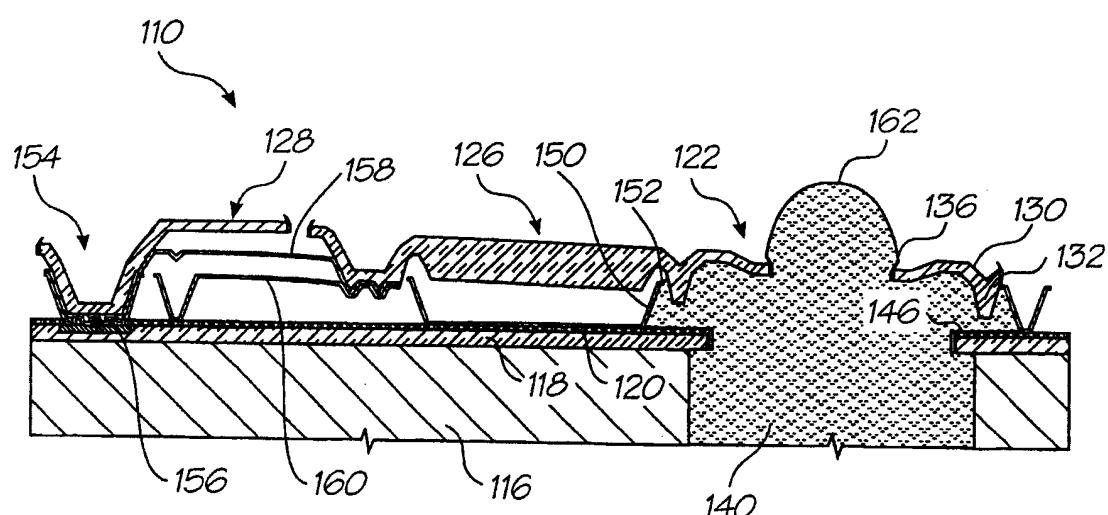


图41B

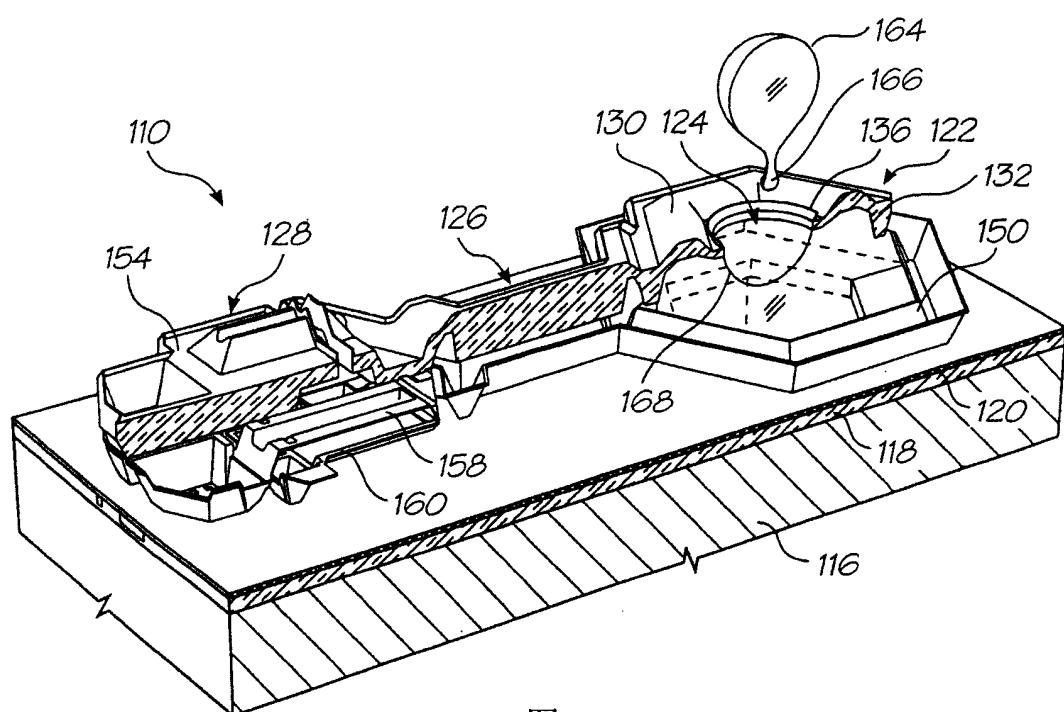


图40C

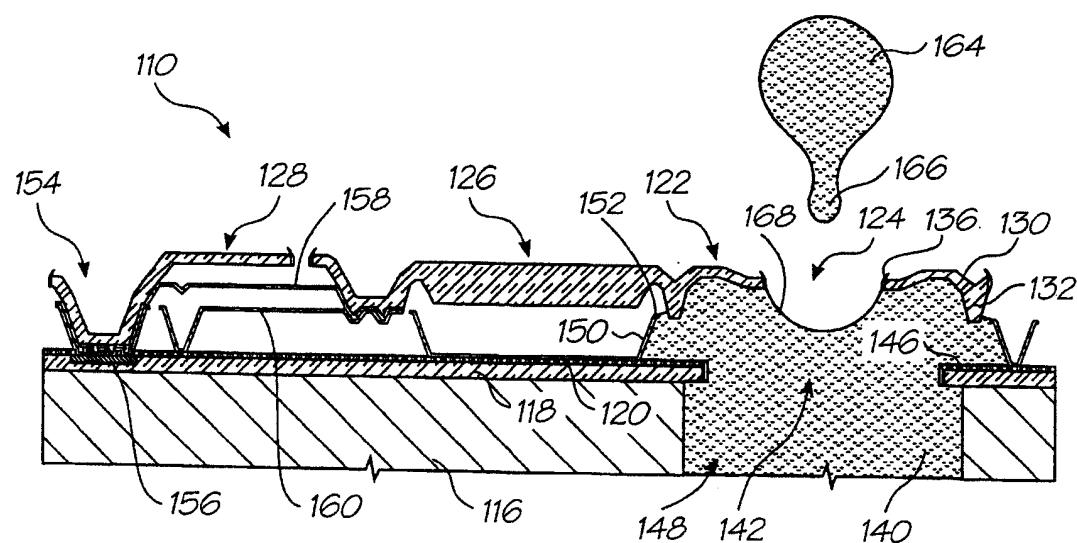


图41C