



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02821504.4

[45] 授权公告日 2007 年 6 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1321818C

[22] 申请日 2002.6.13 [21] 申请号 02821504.4

[30] 优先权

[32] 2001.8.31 [33] US [31] 09/942,604

[86] 国际申请 PCT/AU2002/000763 2002.6.13

[87] 国际公布 WO2003/018315 英 2003.3.6

[85] 进入国家阶段日期 2004.4.28

[73] 专利权人 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

[56] 参考文献

US4612554A 1986.9.16

CN1210073A 1999.3.10

US5781212A 1998.7.14

EP0771665B1 2000.8.16

US4994826A 1991.2.19

US6234619B1 2001.5.22

US4695854A 1987.9.22

EP0057472A2 1982.8.11

CN1232749A 1999.10.27

WO00/64680A1 2000.11.2

EP0367303A1 1990.5.9

US6003971A 1999.12.21

EP0649745B1 1998.1.21

US5477256A 1995.12.19

审查员 沈彬

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

代理人 王学强

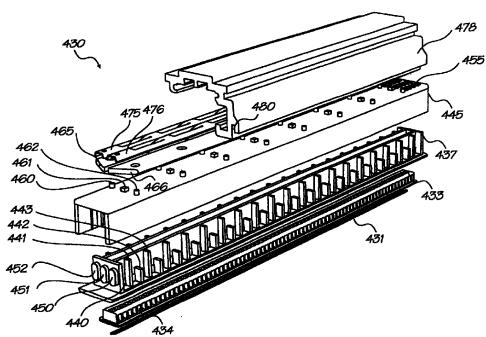
权利要求书 2 页 说明书 57 页 附图 76 页

[54] 发明名称

用于便携式喷墨打印机的供墨设备

[57] 摘要

一种供墨单元(430)，其包括至少一个墨水储存腔(521)，用以存储供应到便携式喷墨打印设备处的墨水，所述供墨单元(430)包括一系列间隔开的隔板(441-443)，这样配置以减少墨水在该单元中的加速度，该加速度由便携式打印机的运动所引起，同时允许响应来自打印设备的激发命令而使墨水流到打印设备。优选地，具有几个用于存储不同颜色的墨水的腔(521)，并且这些腔(521)最好是通过将至少两个分离的部件由注模法来形成，所述分离的部件优选地密封在一起以形成供墨单元(430)。



1. 一种便携式喷墨打印机包括：

一个具有若干个供墨通道的狭长纸宽打印头，

一个连接到上述打印头上并大体上与其一同延伸的狭长纸宽墨水分配歧管，所述歧管包括若干个在所述打印头上对应着上述供墨通道的墨水出口，并且还包括若干个沿着所述歧管定位的墨水入口，

一个连接到上述歧管上并大体上与其一同延伸的狭长纸宽供墨单元，并且包括至少一个狭长纸宽储存腔以存储供应到上述歧管处的墨水，上述储存腔包括一系列隔板，该隔板沿着所述储存腔间隔设置并沿着横向延伸以界定腔部，每一个腔部都包括一个与上述墨水入口对准的孔并且腔部中的墨水通过该孔可流到所述歧管处，所述隔板起作用以沿着所述储存腔从一个上述腔部到另一个上述腔部降低过分高的墨水加速度，该加速度由便携式打印机的运动所引起，同时允许响应来自上述打印头的激发命令而使墨水通过上述孔从上述腔部流到所述的歧管入口处。

2. 如权利要求 1 所述的打印机，其特征在于：所述供墨单元具有一系列用于存储不同颜色墨水的储存腔。

3. 如权利要求 1 所述的打印机，其特征在于：所述打印头是一个打印头芯片。

4. 如权利要求 1 所述的打印机，其特征在于：所述墨水储存腔由注模部件构成。

5. 如权利要求 4 所述的打印机，其特征在于：所述供墨单元包括三个或多个上述墨水储存腔，每一个墨水储存腔都具有设置在其内的上述隔板。

6. 如权利要求 1 所述的打印机，其特征在于：至少一个所述隔板沿着横向于所述打印头的纵长延伸方向的方向延伸。

7. 如权利要求 4 所述的打印机，其特征在于：上述部件是由注模法形成的。

8. 如权利要求 5 所述的打印机，其特征在于：所述打印机在每一个上述墨水储存腔中包括一个可穿透壁部，用于将一个供墨通道连接在其上，所述供墨通道连接到一个大容积的供墨源处。

9. 如权利要求 1 所述的打印机，其特征在于：上述供墨单元包括一个壳体，该壳体具有一系列疏水密封通气孔。

10. 如权利要求 5 所述的打印机，其特征在于：上述部件是由注模法形成的。

11. 如权利要求 2 所述的打印机，其特征在于：所述墨水储存腔由注模部件构成。

12. 一种狭长纸宽供墨单元包括一系列大体上一同延伸的狭长纸宽储存腔，该储存腔用于存储供应到狭长纸宽打印头处的不同颜色的墨水，上述供墨单元包括：

一系列隔板，该隔板沿着每一个腔间隔设置并沿着横向延伸以界定腔部，每一个腔部都包括一个孔，墨水通过该孔可从供墨单元处流出，所述隔板起作用以限制在上述腔中的高速流体流，同时允许通过上述腔的低速流，因为墨水是由所述打印头通过上述孔从所述腔部引进的。

用于便携式喷墨打印机的供墨设备

技术领域

本发明涉及一种用于向打印机供墨的供墨设备。尤其是本发明涉及一种用于向便携式纸宽喷墨打印头芯片供墨的墨水分配歧管结构。但是，可以理解的是，本发明并不仅限于该详细说明，其可适用于其它的打印机类型和构造，并也可适用于非便携式打印机。

背景技术

在用于控制喷墨打印头的墨水流的便携式系统中，有必要在打印头的移动中由于其便携性确保该打印头能继续工作和接收墨水供应。便携式系统的实例包括最近由本申请人提交的 PCT/AU98/00550 和 PCT/AU98/00549 的 PCT 申请。

例如，当应用具有内置打印机的照相机系统时，最好可以提供合适的操作与墨水流以及便携式照相机系统的移动。而且，最好可以尽可能廉价和有效地提供这样一种系统。特别是在便携式的方式下，该照相机在打印的同时还在使用的情况下。

发明内容

本发明的目的在于提供一种用于向便携式打印机的打印设备提供墨水的供墨设备，以克服或改进现有技术中存在的一个或多个缺点，或者至少为其提供一种有益的可选方案。

根据本发明的第一的方面，提供了一种用于向便携式打印机的打印设备提供墨水的供墨设备，上述供墨设备包括：

供墨单元，该供墨单元包括至少一个储存腔，该储存腔中存有供应到上述打印设备处的墨水，上述供墨单元包括一系列间隔开的隔板，这样配置以减少墨水在该单元中的加速度，该加速度由便携式打印机的运动所引起，同时允许响应来自打印设备的激发命令而使墨水流到打印设

备。

优选地，所述墨水打印设备呈打印头的形式，该打印头直接与供墨设备相连，该供墨设备呈供墨单元的形式，该供墨单元具有一个墨水分配歧管以通过若干个出口将墨水供应到形成在打印头上的相应的供墨通道处。

在较佳实施方式中，所述打印头是一个狭长纸宽打印头芯片，并且在供墨设备中的隔板设置以用来降低墨水沿着打印头和相应的供墨单元的纵长延伸方向上的加速度。优选地，所述供墨单元具有一系列用于存储各种颜色墨水的储存腔。

优选地，所述墨水储存腔或储存腔们是由两个或多个互连的注模部件构成的。

附图说明

尽管还有可能落在本发明的范围内的任何其它形式，但将借助示例，并参照以下附图，对本发明的优选形式进行说明：

图 1 示意性示出了一处于静止状态的单个墨水喷嘴；

图 2 示意性示出了一处于喷射状态的单个墨水喷嘴；

图 3 示意性示出了一处于再填充状态的单个墨水喷嘴；

图 4 示出了一双层冷却过程；

图 5 示出了一单层冷却过程；

图 6 为一对准的喷嘴的顶视图；

图 7 为一对准的喷嘴的截面图；

图 8 为一对准的喷嘴的顶视图；

图 9 为一对准的喷嘴的截面图；

图 10 构造一墨水喷嘴过程的截面图；

图 11 为在化学机械平面化之后构造一墨水喷嘴过程的截面图；

图 12 示出了在优选实施例中采用的预热墨水的步骤；

图 13 示出了常规打印时钟周期；

- 图 14 示出了预热周期的应用；
图 15 示出了打印头大概工作温度的曲线图；
图 16 示出了打印头大概工作温度的曲线图；
图 17 示出了用于预热而驱动打印头的一种形式；
图 18 示出了其上没有形成墨水喷嘴结构的最初晶片的一部分的截面图；
图 19 示出了用于 N-穴工艺的掩模；
图 20 示出了在 N-穴工艺之后的晶片的部分的截面图；
图 21 示出了在 N-穴工艺之后的单个喷嘴的部分截面的侧立体图；
图 22 示出了活动通道掩模；
图 23 示出了场氧化物的截面图；
图 24 示出了在场氧化物沉积之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；
图 25 示出了一聚乙烯掩模；
图 26 示出了沉积的聚乙烯的截面图；
图 27 示出了在聚乙烯沉积之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；
图 28 示出了 n+ 掩模；
图 29 示出了 n+ 埋入的截面图；
图 30 示出了在 n+ 埋入之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；
图 31 示出了 p+ 掩模；
图 32 示出了显示 p+ 埋入的效果的截面图；
图 33 示出了在 p+ 埋入之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；
图 34 示出了一接点掩模；
图 35 示出了显示沉积 ILD1 和蚀刻接触通道的效果的截面图；
图 36 示出了在沉积 ILD1 和蚀刻接触通道之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；
图 37 示出了金属 1 掩模；
图 38 示出了显示金属 1 层的金属沉积的效果的截面图；

图 39 示出了在金属 1 沉积之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 40 示出了通道 1 掩模；

图 41 示出了显示沉积 ILD2 和蚀刻接触通道的效果的截面图；

图 42 示出了金属 2 掩模；

图 43 示出了显示沉积金属 2 层的效果的截面图；

图 44 示出了在金属 2 沉积之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 45 示出了通道 2 掩模；

图 46 示出了显示沉积 ILD3 和蚀刻接触通道的效果的截面图；

图 47 示出了金属 3 掩模；

图 48 示出了显示沉积金属 3 层的效果的截面图；

图 49 示出了在金属 3 沉积之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 50 示出了通道 3 掩模；

图 51 示出了显示沉积钝化氧化物及氮化物和蚀刻通道的效果的截面图；

图 52 示出了在沉积钝化氧化物及氮化物和蚀刻通道之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 53 示出了加热器掩模；

图 54 示出了显示沉积加热器氮化钛层的效果的截面图；

图 55 示出了在沉积加热器氮化钛层之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 56 示出了致动器/弯曲补偿器掩模；

图 57 示出了显示在蚀刻之后沉积致动器玻璃和弯曲补偿器氮化钛层的效果的截面图；

图 58 示出了在沉积并蚀刻致动器玻璃和弯曲补偿氮化钛层之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 59 示出了喷嘴掩模；

图 60 示出了显示沉积牺牲层和蚀刻喷嘴的效果的截面图；

图 61 示出了在沉积并最初蚀刻牺牲层之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 62 示出了喷嘴腔掩模；

图 63 示出了在牺牲层中蚀刻腔的截面图；

图 64 示出了在进一步蚀刻牺牲层之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 65 示出了喷嘴腔壁的沉积层的截面图；

图 66 示出了在进一步沉积喷嘴腔壁之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 67 示出了利用化学机械平面化(CMP)产生自对准喷嘴的过程的截面图；

图 68 示出了在喷嘴腔壁的 CMP 之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 69 示出了安装在晶片坯上的喷嘴的截面图；

图 70 示出了背面蚀刻入口掩模；

图 71 示出了将牺牲层蚀刻掉的截面图；

图 72 示出了在将牺牲层蚀刻掉之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 73 示出了沿着一不同的截面线，在将牺牲层蚀刻掉之后单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 74 示出了填充有墨水的喷嘴的截面图；

图 75 示出了喷射墨水的单个喷嘴的部分截面的侧立体图；

图 76 示出了用于单个喷嘴的控制逻辑的示意图；

图 77 示出了执行单个喷嘴的控制逻辑的 CMOS；

图 78 示出了用于说明 CMOS/MEMS 的实施的各层的图例或图解；

图 79 到达聚乙烯平面的 CMOS 平面；

图 80 示出了到达金属 1 平面的 CMOS 平面；

- 图 81 示出了到达金属 2 平面的 CMOS 平面；
图 82 示出了到达金属 3 平面的 CMOS 平面；
图 83 示出了到达 MEMS 加热器平面的 CMOS 和 MEMS 平面；
图 84 示出了致动器罩的平面；
图 85 示出了喷墨头的部分截面的侧立体图；
图 86 示出了喷墨头的部分截面的侧立体图的放大图；
图 87 示出了形成在一系列致动器结构中的许多层；
图 88 示出了晶片的背表面的一部分，露出了晶片供墨槽；
图 89 示出了打印头中的段的布置；
图 90 示意性示出了按照喷射顺序编号的单个密集小群；
图 91 示意性示出了按照逻辑顺序编号的单个密集小群；
图 92 示意性示出了包括每色一个密集小群的单个三密集小群；
图 93 示意性示出了包含 10 个三密集小群的单个密集小群组；
图 94 示意性示出了段、喷射组和三密集小群之间的关系；
图 95 示出了在典型的打印周期期间用于 A 启动和 B 启动的时钟；
图 96 示出了将打印头装入墨水通道模支撑结构中的立体分解图；
图 97 示出了墨水通道模支撑结构的部分截面的侧立体图；
图 98 示出了打印辊单元，打印头和压纸卷筒的部分截面的侧立体图；和
图 99 示出了打印辊单元、打印头和压纸卷筒的侧立体图；
图 100 示出了打印辊单元、打印头和压纸卷筒的侧面立体分解图；
图 101 为一局部放大立体图，示出了将打印头安装到如图 96 和 97 所示的墨水分配歧管；
图 102 示出了如图 97 所示的带自动粘合膜的最外侧的平面展开图；
和
图 103 示出了如图 102 所示的展开的带自动粘合膜的反面。

具体实施方式

优选实施例是一种 1600dpi 的模块化单片打印头，其适用于各种页宽式打印机中和按需打印照相机系统中。该打印头由微机电系统（MEMS）技术制造而成，该系统是指在微米级上构建的机械系统，通常采用为集成电路的制造而开发的技术。

由于 1600dpi 的 A4 照片质量页宽打印机需要 50,000 多个喷嘴，因此在作为打印头的同一芯片上集成驱动电路对于实现低成本来说是关键的。

集成所允许的从外界到打印头的接线数量被从大约 50,000 减小到大约 100。为了提供驱动电路，所述优选实施例在同一晶片上集成 CMOS 逻辑电路和激励晶体管，作为 MEMS 喷嘴。与其它制造技术相比，MEMS 具有几个主要优点：

机械装置可以在微米级的尺寸和精度上被构建；

在同一硅片上，成百万的机械装置可以同时制造；以及

机械装置可以结合入电子装置。

本文中使用术语“IJ46 打印头”来表示按照本发明的优选实施例制造的打印头。

工作原理

该优选实施例依赖用于墨水的喷射的热致动杆臂的应用。发生墨水喷射的喷嘴腔包括一薄喷嘴边缘，围绕该喷嘴边缘形成一表面弯月面。喷嘴边缘是采用自动对准沉积机理形成的。该优选实施例还包括围绕墨水喷嘴的防洪边缘的优点特征。

首先参见图 1 到图 3，首先将对本优选实施例的喷墨打印头的工作原理进行解释。在图 1 中，示出了一单独的喷嘴设备 1，其包括一喷嘴腔 2，其经由供墨通道 3 供给墨水，从而围绕喷嘴边缘 5 形成弯月面 4。设置一热致动机构 6，其包括一可以为圆形形状的端叶片 7。所述叶片 7 连接到围绕柱 9 枢轴旋转的致动器臂 8。所述致动器臂 8 包括例如氮化钛之类的具有高硬度的导电材料形成的两层 10，11。底层 10 形成一与

柱 9 相互连接的导电线路，且在端柱 9 附近还包括一变薄部。因此，在电流通过底层 10 时，底层的毗邻端柱 9 的区域被加热。在没有热量的情况下，两层 10, 11 彼此热平衡。底层 10 的热量使整个致动器机构 6 基本上向上弯曲，因此，如图 2 所示，叶片 7 迅速向上运动。所述迅速向上运动增加了围绕边缘 5 的压力，从而通常导致弯月面 4 膨胀，因此墨水流出所述腔体。然后，到底层 10 的传导被切断，且如图 3 所示，所述致动器臂 6 开始返回其静止位置。所述返回导致叶片 7 向下运动。这又通常导致将围绕喷嘴 5 的墨水吸回。喷嘴外侧墨水的向前冲量加上喷嘴腔内墨水的向后冲量，导致由于弯月面 4 的颈状收缩和断裂而产生一液滴 14。所后，由于横过弯月面 4 的表面张力作用，墨水被从供墨槽 3 中拉入墨水腔 2 中。

优选实施例的工作具有许多重要特征。首先，有上述的层 10、11 之间的平衡。采用第二层 11 允许致动器装置 6 更有效地热操作。此外，两层的操作保证了在制造期间的冷却时，热应力不是问题，从而减小了在制造期间发生剥离的可能性。这在图 4 和图 5 中被示出，在图 4 中示出了，具有围绕一中心材料层 22 的两层平衡材料层 20, 21 的热致动器臂的冷却过程。该冷却过程均等地影响每一层导电层 20, 21，从而产生稳定的结构。在图 5 中示出了，仅具有一层导电层 20 的热致动器臂。在制造之后的冷却期间，上层 20 将相对于中心层 22 弯曲。由于最终设备的不稳定性和各层的厚度变化，以及其导致的不同程度的弯曲，从而可能会产生问题。

此外，参照图 1 到 3 所述的设备包括一防止喷墨扩散边缘 25(图 1)，其被构造成围绕喷嘴边缘 5 提供一凹坑 26。任何将流出喷嘴边缘 5 的墨水通常都被捕获在围绕所述边缘的所述凹坑 26 中，从而防止了流过喷墨打印头的表面，防止影响工作。这种布置可从图 11 中清楚地看出。

此外，所述喷嘴边缘 5 和防止墨水扩散边缘 25 通过独特的化学机械平面化技术形成。这种布置可参照图 6 到图 9 理解。理论上，如图 6 中

30 所表示，墨水喷嘴边缘的形状具有高度的对称性。当进行喷墨时，理想的是使用具有较高规则性的边缘。例如，在图 7 中示出了在颈状收缩和断裂期间一墨滴被从边缘喷出。所述颈状收缩和断裂具有高灵敏性，其包含复杂的无秩序的力。应当采用标准的光刻法来形成喷嘴边缘，根据所采用的光刻方法，仅可能在特定的变化幅度内保证边缘的规则性和对称性。这可能导致如图 8 中 35 所示的边缘的变化。所述边缘变化导致如图 8 中所示的非对称边缘 35。当形成液滴时，这种变化可能产生问题。该问题在图 9 中示出，其中，所述弯月面 36 沿着表面 37 蔓延，在此，所述边缘膨胀到一个较大宽度。这就可能使喷射液滴的喷射方向发生较大变化。

在所述优选实施例中，为了克服这个问题，采用一种自动对准化学机械平面化（CMP）技术。下面将参照附图 10 简单地讨论该技术。在图 10 中，示出了一硅基板 40，在其上沉淀一层第一牺牲层 41 和一层薄喷嘴层 42，上述层均以夸大形式示出。所述牺牲层首先被沉积并被蚀刻，从而形成一用于喷嘴层 42 的“坯层”（blank），所述喷嘴层被共形地沉积到整个表面上。在另一种可选择制造方法中，另一种牺牲材料层可以被沉积在所述喷嘴层 42 的顶部。

接下来，关键步骤是将喷嘴层和牺牲层向下化学机械平面化到一第一高度，如 44 所示。所述化学机械平面化过程有效地将顶层“砍掉”至高度 44。通过采用共形沉积，可以制造一规则的边缘。经化学机械平面化之后的结果在图 11 中示意性示出。

通过首先对优先于 IJ46 装置中的喷墨打印预热步骤进行说明，从而对优选实施例进行说明

喷墨预热

在优选实施例中，采用喷墨预热步骤，从而使打印头设备的温度达到预定范围。该步骤由图 12 中 101 示出。首先，开始进行打印操作的决定在 102 处作出。在任何打印开始之前，打印头的当前温度被感测，从

而确定是否其超过预定阈值。如果加热温度过低，则进行预热周期 104，其通过将热致动器加热到高于工作的预定温度，来加热打印头。一旦温度已超过预定温度，开始正常的打印周期 105。

考虑到装置的较窄工作范围，以及在喷墨中所应用的较低热能，采用预热步骤 104 通常能够减小特性例如粘度等可能发生的变化。

所述预热步骤可以采取许多不同形式。对于喷墨装置属于热弯曲致动器型的情况，如图 13 所示，由于喷墨所需预定持续时间的时钟脉冲 110，因此其通常将接收到一系列时钟脉冲，从而提供用于喷射的足够能量。

如图 14 所示，当需要提供预热能力时，可以通过使用一系列短脉冲，例如 111 来提供。所述脉冲同时为不能从喷墨喷嘴喷出墨水的打印头提供热能。

图 15 为打印操作期间打印头温度的实例曲线图。假定已经空闲了一端时间，最初为 115 的打印头温度将处于环境温度。当需要进行打印时，执行一预热步骤（图 12 的 104），从而如图中 116 处所示，温度升高到 117 处的工作温度 T2，在此点处，开始打印，温度根据使用要求来变化。

另一方面，如图 16 所示，打印头的温度可以被连续地监控，从而当温度落在阈值例如 120 之下时，给打印过程增加一系列预热周期，从而使温度升高到 121，超过预热阈值。

假定所使用的墨水的特性类似于水，所述预热步骤的应用可利用墨水粘度随温度的大幅度波动。当然，其它工作特性可能是重要的，且稳定到较窄的温度范围提供了有利的效果。由于粘度随着温度的变化而变化，很显然，所需预热的超过环境温度的幅度依赖于环境温度以及在打印操作期间打印头的平衡温度。因此，预热的幅度可根据测得的环境温度而变化，从而获得最佳效果。

图 17 示出了一种简单的工作原理，打印头 130 包括一内置系列温度传感器，它们被连接到用于确定当前温度的温度确定单元 131，该单元

由输出信号给喷墨驱动单元 132，其确定在任何特定阶段是否需要预热。置于芯片（打印头）上的温度传感器可以是简单的 MEMS 温度传感器，其结构对本领域普通技术人员来说是公知的。

制造工艺

可以结合标准 CMOS 工艺和 MEMS 后加工来制造 IJ46 装置。理论上，通常用于 CMOS 工艺的材料，应当被用于工艺的 MEMS 部分。在所述优选实施例中，最好的 MEMS 材料为 PECVD 玻璃，喷溅 TiN，和一种牺牲材料（该材料可以是聚酰亚胺，PSG，BPSG，铝或其它材料）。理论上，为了配合喷嘴之间相应驱动电路，而不增加芯片面积，最小的工艺为 0.5 微米，1 聚乙烯，3 金属 CMOS 加工且使用铝金属化。然而，还可以采用更先进的工艺来代替。可选择的是，可采用 NMOS，双级，BiCMOS 或其它工艺。推荐 CMOS 的原因仅仅是由于其在工业上的流行，以及 CMOS 的惊人产量。

对于使用 CMY 处理的彩色模型的 100mm 照相打印头，CMOS 工艺采用包括 19,200 级的移位寄存器的简单电路，19,200 位的传输寄存器，19,200 允许门，和 19,200 激励晶体管。还由一些时钟缓冲器和允许解码器。照片打印头的时钟脉冲速度仅为 3.8MHZ，且 30ppm 的 A4 打印头仅为 14 MHz，因此 CMOS 性能不是关键的。包括在 MEMS 工艺开始之前，钝化并打开接合垫，所述 CMOS 工艺被全部完成。这就能够以标准 CMOS 的优点来完成 CMOS 工艺，且 MEMS 工艺在一个单独设备中进行。

工艺选择的原因

本领域普通技术人员可以理解，在 MEMS 装置的制造领域中，对于制造 IJ46 打印头来说，存在许多可行的工艺程序。本文所记述的工艺程序是基于具有 1 聚乙烯和三层金属层的 0.5 微米（拉伸）N 穴 CMOS 工艺“类型”。下表给出了选择这种“标称”工艺的原因，以易于确定任何可选择工艺选择的效果。

| 标称工艺 | 原因 |
|-----------|---------------------------|
| CMOS | 广泛的可用性 |
| 0.5 微米或更小 | 为了适合致动器之下的驱动电子设备需要 0.5 微米 |
| 0.5 微米或更大 | 全阻尼优点，低成本 |
| N 穴 | n 通道晶体管的性能比 p 通道晶体管的性能更重要 |
| 6'' 晶片 | 最小用于 4'' 单片打印头 |
| 1 多晶硅层 | 不需要 2 聚乙烯层，由于具有很小低电流连通性 |
| 3 金属层 | 为了提供高电流，大多数金属 3 还提供牺牲结构 |
| 铝金属化 | 低成本，标准用于 0.5 微米工艺（铜更有效） |

掩模一览表

| 掩模 # | 掩模 | 注释 | 类型 | 图案 | 排列 | CD |
|------|------|------------------|--------|----|------|-------|
| 1 | N 穴 | | CMOS1 | 亮 | 平面 | 4μm |
| 2 | 活动 | 包括喷嘴腔 | CMOS2 | 黑 | N 穴 | 1μm |
| 3 | 聚乙烯 | | CMOS3 | 黑 | 活动 | 0.5μm |
| 4 | N+ | | CMOS4 | 黑 | 聚乙烯 | 4μm |
| 5 | P+ | | CMOS4 | 亮 | 聚乙烯 | 4μm |
| 6 | 触点 | 包括喷嘴腔 | CMOS5 | 亮 | 聚乙烯 | 0.5μm |
| 7 | 金属 1 | | CMOS6 | 黑 | 接触 | 0.6μm |
| 8 | 通道 1 | 包括喷嘴腔 | CMOS7 | 亮 | 金属 1 | 0.6μm |
| 9 | 金属 2 | 包括牺牲 al. | CMOS8 | 黑 | 通道 1 | 0.6μm |
| 10 | 通道 2 | 包括喷嘴腔 | CMOS9 | 亮 | 金属 2 | 0.6μm |
| 11 | 金属 3 | 包括牺牲 al. | CMOS10 | 黑 | 聚乙烯 | 1μm |
| 12 | 通道 3 | 外涂层，约 0.6μmcd | CMOS11 | 亮 | 聚乙烯 | 0.6μm |
| 13 | 加热器 | | MEMS1 | 黑 | 聚乙烯 | 0.6μm |
| 14 | 致动器 | | MEMS2 | 黑 | 加热器 | 1μm |
| 15 | 喷嘴 | 用于 CMP 控制 | MEMS3 | 黑 | 聚乙烯 | 2μm |
| 16 | 腔 | | MEMS4 | 黑 | 喷嘴 | 2μm |
| 17 | 入口 | 背面深处硅蚀 刻 | MEMS5 | 亮 | 聚乙烯 | 4μm |

工艺程序的示例（包括 CMOS 步骤）

虽然可以应用许多不同的 CMOS 和其它工艺，该工艺说明与示例

COMS 工艺结合，以显示 MEMS 特征被集成在 CMOS 掩模中，且显示由于低 CMOS 性能需求，CMOS 工艺可以被简化。

下文所描述的工艺是 1P3M0.5 微米 CMOS 工艺“类型”的示例的一部分。

1. 如图 18 所示，工艺由标准 6''P-型<100>晶片开始。（也可以使用 8'' 晶片，提供了一基本上增加了的一次产量）。

2. 使用图 19 的 N 穴掩模，埋入图 20 的 N 穴晶体管部 210。

3. 生长一薄层 SiO_2 并沉积 Si_3N_4 ，形成场氧化硬掩模。

4. 使用如图 22 所示的活动掩模蚀刻氮化物和氧化物。所述掩模尺寸较大，以允许 LOCOS 鸟嘴式线脚。喷嘴腔区域被包含在该掩模中，场氧化物被从喷嘴腔排除。结果是一系列氧化区域 212，如图 23 所示。

5. 使用具有负性抗蚀剂的 N 穴掩模或使用一 N 穴掩模的补体来埋入通道阻塞件。

6. 执行任何应用 CMOS 工艺所需的通道阻塞件的埋入。

7. 应用 LOCOS 生长 0.5 微米的电场氧化物。

8. 执行任何所需的 n/p 晶体管阈电压调节。根据 CMOS 工艺的特征，能够省去阈值调节。这是因为工作频率仅为 3.8MHz，且 p-装置的质量并不是关键的。n-晶体管阈值更加重要，因为 n-通道驱动晶体管对于打印期间的效率和功率消耗具有显著影响。

9. 生长门氧化物。

10. 沉积 0.3 微米的聚乙烯，使用如图 25 所示的聚乙烯掩模形成图案，从而形成如图 26 所示的聚乙烯部 214。

11. 使用如图 28 所示的 n+掩模，执行图 29 中 216 处所示的 n+埋入。不需要使用例如 LDD 之类的漏极设计工艺，因为晶体管的性能不是关键的。

12. 使用如图 31 所示的 n+掩模的补体，或使用具有负性抗蚀剂的 n+掩模，执行如图 32 中 218 处所示的 p+埋入。喷嘴腔区域将被添加 n+

或者被添加 p+, 这取决于其是否被包括在 n+掩模内。该硅区域的添加与随后的蚀刻不相关，且被推荐的 STS ASE 蚀刻工艺不使用硼作为阻蚀剂。

13. 如图 35 中 220 处所示，沉积 0.6 微米的 PECVD TEOS 玻璃，以形成 ILD1。

14. 使用如图 34 的触点掩模蚀刻触点切口。喷嘴区域被当作单独的大接触区域，且将不能通过典型的设计规则检测。因此该区域应当被从 DRC 排除。

15. 沉积 0.6 微米的铝以形成金属 1。

16. 使用如图 37 中所示的金属 1 掩模蚀刻所述铝，从而形成如图 38 所示的金属区域 224。在 225 处，喷嘴金属区域由金属 1 覆盖。所述铝 225 是牺牲性的，且被蚀刻作为 MEMS 程序的一部分。喷嘴中包含金属 1 不是必不可少的，但帮助减少了在致动器杆臂的颈部区域中的步骤。

17. 如图 41 中 228 处所示，沉积 0.7 微米的 PECVD TEOS 玻璃，以形成 ILD2。

18. 如图 40 中所示，使用通道 1 掩模蚀刻触点切口。喷嘴区域被当作单独的大通道区域，且其将又不能通过 DRC。

19. 沉积 0.6 微米的铝，以形成金属 2。

20. 使用如图 42 中所示的金属 2 掩模，蚀刻所述铝，从而形成如图 43 所示的金属部 230。喷嘴区域 231 被完全覆盖有金属 2。所述铝是牺牲性的，且作为 MEMS 顺序的一部分被蚀刻。在喷嘴中包含金属 2 不是必要的，但其帮助减少致动器杆的颈部区域中的步骤。所述牺牲性金属 2 还可以被用于另一种液体控制部件。一相对较大的金属 2 的矩形被包含在喷嘴腔的颈部区域 233 中。其被连接到牺牲性金属 3，从而也能够在 MEMS 牺牲性铝蚀刻期间被清除。这就底切用于使致动器进入喷嘴腔的下边缘（其由 ILD3 形成）。所述底切对液体控制表面底角度增加 90 度，从而增加了该边缘的防止墨水表面扩散的能力。

21. 沉积 0.7 微米的 PECVD TEOS 玻璃，以形成 ILD3。

22. 使用如图 45 所示的通道 2 掩模蚀刻所述触点切口，从而剩下如图 46 中所示的部分 236，以及喷嘴腔，在 ILD3 中也形成液体控制边缘。

23. 沉积 1.0 微米的铝以形成金属 3。

24. 使用如图 47 所示的金属 3 掩模蚀刻所述铝，从而剩下如图 48 所示的部分 238。如图中 239 所示的大多数金属 3 是牺牲性的，用于使致动器和叶片从芯片表面分离。金属 3 也被用于在芯片上分配 V+。如图中 240 处所示，喷嘴区域完全被金属 3 覆盖。所述铝是牺牲性的，且被作为 MEMS 程序的一部分所蚀刻。在喷嘴中包含金属 3 并非必需的，但其帮助减少在致动器杆臂的颈部区域中的步骤。

25. 沉积 0.5 微米的 PECVD TEOS 玻璃，以形成玻璃罩。

26. 沉积 0.5 微米的 Si₃N₄，以形成钝化层。

27. 使用如图 50 中所示的通道 3 掩模蚀刻所述钝化层和玻璃罩，从而形成如图 51 所示的布置。该掩模包括通向金属 3 牺牲层的通路 242，以及通向发热器致动器的通道 243。该步骤的光刻具有 0.6 微米的临界尺寸(用于加热器通道)，而非用于对接合垫开口的通常的不受限制的光刻。这是一个与通常的 CMOS 工艺流程不同的工艺步骤。该步骤或者可以是 CMOS 工艺的最后工艺步骤，也可以是 MEMS 工艺的第一步，这取决于极好的安排和输送要求。

28. 晶片检测。芯片的大多但不是全部功能性可以在该阶段被确定。如果在该阶段需要更复杂的测试，则用于每个激励晶体管的有效假负载可以被包含在芯片上。这可以通过较小的芯片面积损失而实现，且允许完成 CMOS 电路的测试。

29. 将晶片从 CMOS 设备传输到 MEMS 设备。这些设备可以在同一位置 (fab)，或者可以位于较远处。

30. 沉积 0.9 微米的磁电管喷溅 TiN。电压为 -65V，磁电管电流为

7.5 A, 氩气压力为 0.3 Pa, 温度为 300°C。从而导致热膨胀系数为 9.4×10^{-6} / °C, 杨氏模量为 600 GPa [固体薄膜 270 p 266, 1995], 其为所使用薄膜的关键特性。

31. 使用如图 53 所示的加热器掩模蚀刻 TiN。该掩模限定加热器元件, 叶片臂和叶片。如图 54 所示, 在所述加热器和所述叶片与叶片臂的 TiN 层之间存在一小间隙 247。这就防止了在加热器和墨水之间的电连接, 以及可能发生的电解问题。在该步骤中需要亚微米级精度, 以保持横过晶片的加热器的均匀特性。这是加热器不与气体致动器层同时蚀刻的主要原因。用于加热器掩模的 CD 为 0.5 微米。重叠精度为 +/-0.1 微米。所述接合垫也由 TiN 层覆盖, 这就防止了在牺牲性铝的蚀刻期间, 接合垫也被蚀刻掉。另外还防止了在工作期间接合垫对铝的腐蚀。TiN 是铝非常好的腐蚀抑制剂。TiN 的电阻足够低, 因此不会发生阻抗接合垫的问题。

32. 沉积 2 微米的 PECVD 玻璃。该过程最好在约 350°C 到 400°C 的温度下进行, 从而使玻璃中的固有应力最小。通过降低沉积温度可以使热应力减小。然而, 热应力实际上是有利的, 因为玻璃被夹在两层 TiN 层之间。所述 TiN/玻璃/TiN 三层结构消除了由于热应力而导致的弯曲, 并使玻璃处于恒定的压缩应力之下, 从而提高了致动器的效率。

33. 沉积 0.9 微米的磁电管喷溅 TiN。该层被沉积, 从而消除了由于下层 TiN 和玻璃层之间的热应力差而导致的弯曲, 并防止当被从牺牲性材料释放时叶片的卷曲。所述沉积特性应当与第一 TiN 层相同。

34. 使用如图 56 所示的致动器掩模, 对 TiN 和玻璃进行各向异性等离子蚀刻。该掩模限定了所述致动器和叶片。致动器掩模的 CD 为 1 微米。重叠精度为 +/-0.1 微米。蚀刻过程的产物是, 如图 57 中所示, 玻璃层 250 夹在 TiN 层 251、248 之间。

35. 此时可以通过晶片检测进行电气测试。所有的 CMOS 检测、加热器功能性检测和阻抗检测都可以在晶片检测时完成。

36. 沉积 15 微米的牺牲性材料。这种材料有多种可能的选择。基本要求是能够沉积 15 微米的层而不产生过度的晶片翘曲的能力，以及对 PECVD 玻璃和 TiN 的高蚀刻选择性。几种可行的材料为：磷硅酸盐玻璃（PSG），硼磷硅酸盐玻璃（BPSG）、例如聚酰亚胺之类的聚合体和铝。需要或者是一与硅（添加适量添加剂的硼磷硅酸盐玻璃 BPSG，填充聚酰亚胺）相符合的关闭 CTE 或者是一低杨氏模量（铝）。该示例使用 BPSG。由于过大的层厚，因此在这些情况中，对应力的要求是最为苛求的。BPSG 通常具有低于硅相当大的 CTE，从而导致相当大的压缩应力。然而，BPSG 的混合物可以发生较大的变化，从而将其 CTE 调节为靠近硅的 CTE。由于 BPSG 为牺牲层，其电气性质是无关的，可以使用通常不适合的混合物作为 CMOS 绝缘体。低密度、多孔性和高含水量都是有益的。其特征是，在使用一种无水 HF 蚀刻时，与 PECVD 玻璃相比，它们将提高蚀刻选择性。

37. 使用如图 59 所限定的喷嘴掩模，蚀刻所述牺牲层到 2 微米深，从而构成了如图 60 中截面所示的结构 254。图 59 的掩模限定了所有的区域，在所述区域上，所后沉积的外涂层将使用 CMP 被磨掉。这包括喷嘴本身和各种其它液体控制部件。喷嘴掩模的 CD 为 2 微米。重叠精度为 +/-0.5 微米。

38. 使用如图 62 中所示的腔掩模，将牺牲层向下各向异性地等离子蚀刻到 CMOS 钝化层。该掩模限定了如图 63 所示的喷嘴腔和包括槽 255 的致动器覆盖物。腔掩模的 CD 为 2 微米。重叠精度为 +/-0.2 微米。

39. 如图 65 所示，沉积 0.5 微米的相当共形的外涂层材料 257。该材料的电气性质是不相关的，且其可以是一导体、绝缘体或半导体。且相对于牺牲性材料，该材料应当为：化学惰性的、坚硬的、高度选择性蚀刻的、适于 CMP，且适合于在 500°C 以下共形沉积。适合的材料包括：PECVD 玻璃、MOCVD TiN、ECR CVD TiN、PECVD Si₃N₄，和许多其它材料。本示例的选择是 PECVD TEOS 玻璃。如果使用 BPSG 作为牺

牲性材料且使用无水 HF 作为牺牲性蚀刻剂，则其必须具有非常低的含水量，由于无水 HF 蚀刻所需的含水量达到 1000:1 的 BPSG 蚀刻选择性比 TEOS 玻璃。相配的外涂层 257 围绕热弯曲致动器的工作部分形成一保护性遮盖壳，同时允许所述致动器在该壳中移动。

40. 如图 67 所示，使用 CMP 将晶片的深度平面化到 1 微米。在晶片表面上，CMP 工艺的精度应当被保持在 +/-0.5 微米。牺牲性材料的凹陷并不相关。这就打开了喷嘴 259 和液体控制区域例如 260。牺牲层相对于喷嘴腔结构的刚度在 CMP 期间是关键因素之一，其可能影响牺牲性材料的选择。

41. 将打印头晶片翻转，并将前表面牢固地安装到如图 69 所示的具有一氧化表面 263 的氧化硅晶片坯料 262 上。所述安装可以借助胶 265 实现。所述坯料晶片 262 可以被反复应用。

42. 采用背面研磨（或蚀刻）和抛光，将打印头晶片变薄到 300 微米。执行所述晶片薄化，从而将随后的工艺持续时间从约 5 小时减少到约 2.3 小时。深入硅蚀刻精度也被提高，且硬掩模厚度被减半到 2.5 微米。所述晶片可以被进一步薄化，从而改善蚀刻时间以及打印头的效率。晶片厚度的限制因素是牺牲性 BPSG 蚀刻之后打印头的脆性。

43. 如图 67 所示，将一 SiO_2 硬掩模（2.5 微米的 PECVD 玻璃）沉积到晶片的背面，并使用入口掩模赋予其图案。图 67 的硬掩模用于随后的深入硅蚀刻，其到达 315 微米的深度，且硬掩模的选择性为 150:1。该掩模限定了穿过晶片被蚀刻的所述墨水入口。用于入口掩模的 CD 为 4 微米。重叠精度为 +/-2 微米。所述入口晶片在两侧上尺寸均不到 5.25 微米，从而在 300 微米的蚀刻深度上允许蚀刻 91° 的凹角。用于该步骤的光刻使用一掩模对准器代替分档器。对准是在晶片的前面构图。设备易于允许从前到后的亚微米对准。

44. 背面蚀刻完全穿过硅晶片（例如使用来自表面技术体系的 ASE 新型硅蚀刻器），穿过预先沉积的硬掩模。STS ASE 能够以高精度蚀刻穿

过晶片的孔，且其纵横比为 30: 1，且侧壁为 90 度。在这种情况下，侧壁凹角为 91 度是标称的。选择一凹角的原因是因为，对于给定精度的较高蚀刻比率而言，ASE 能够较好地获得微小的凹角。而且，通过使掩模上的孔的尺寸变小，所述凹角蚀刻可以被补偿。非凹角蚀刻角度不能这么容易地得到补偿，因为掩模孔将消失。优选的是晶片被所述蚀刻切成小片。最终产物在图 69 中示出，包括背面蚀刻墨水通道部 264。

45. 蚀刻所有暴露的铝。在某些地方，位于全部三层上的铝被用作牺牲层。

46. 蚀刻所有的牺牲性材料。喷嘴腔将被该蚀刻所清除，结果在图 71 中示出。如果使用 BPSG 作为牺牲性材料，在不蚀刻 CMOS 玻璃层或致动器玻璃的情况下，其可以被清除。在 1500 sccm 且在 60°C 下处于的 N₂ 环境中，使用无水 HF[L. Chang et al,"Anhydrous HF etch reduces processing steps for DRAM capacitors", Solid State Technology Vol. 41 No. 5, pp 71-76, 1998]，与不掺杂的玻璃例如 TEOS 相反，这样可以实现 1000:1 的选择性。通过所述蚀刻，从所述晶片坯料上，致动器被释放，且芯片彼此分离。如果使用铝代替 BPSG 作为牺牲层。那么其清除与前述步骤相接合，且该步骤被省去。

47. 使用真空探针拾取松散的打印头，并将打印头安装在它们的包装中。该过程必需小心地进行，因为未包装的打印头是易碎的。晶片的前表面特别易碎，且不应当被触动。该过程应当手工进行，因为其难于实现自动化。所述包装是常规的注模塑料壳体，包含墨水通道，所述墨水通道用于将适合颜色的墨水供给到位于打印头背面的墨水入口。所述包装也为打印头提供机械支撑。所述包装特别被设计为在芯片上施加最小的应力，且沿着包装的长度均匀地分配应力。使用适合的密封剂例如硅酮将打印头粘合在该包装中。

48. 对打印头芯片形成外界连接。对于具有最小的气流中断的不引人注意的外观，可以使用带自动连接 (TAB)。如果待工作的打印机与纸

之间具有足够的间隙，还可以使用引线接合法。所有的接合垫沿着芯片的一个 100mm 边缘。总共有 504 个接合垫，分成相同的 8 组，每组 63 个（因为使用 8 缝分档器步骤制造芯片）。每个接合垫为 100 x 100 微米，且间距 200 微米。因为在 3V 时峰值电流为 6.58 Amps，256 个接合垫被用于为致动器供电和接地。共有 40 个信号（24 数据的和 16 控制的）连接到整个打印头。它们主要与打印头的八个相同部分接通。

49. 对打印头的前表面进行憎水处理。这可以通过真空沉积 50 nm 或更多的聚四氟乙烯（PTFE）。然而，还有许多其它方式来实现。由于液体完全由前述步骤中形成的机械突起所控制，因此如果打印头被灰尘所污染，为了防止墨水在表面上扩散，所述憎水层为“额外可选择的”。

50. 将打印头插入插槽中。所述插槽提供电能、数据和墨水。借助毛细作用，墨水填充入打印头。使打印头完全充满墨水，并进行测试，图 74 示出了墨水 268 填充入喷嘴腔。

用于执行示例的工艺参数

所采用的 CMOS 工艺参数可以变化，以适合于 0.5 微米尺寸或更好的尺寸。MEMS 工艺参数的变化不应当超过下文所述的公差范围。这些参数中的某些影响致动器性能和流体学特性，而其它具有更加晦涩的关系。例如，晶片薄化级影响成本和深入硅蚀刻的精度，背侧硬掩模的厚度，和相关塑料墨水通道成型的尺寸。

以下是建议的工艺参数：

| 参数 | 类型 | 最小 | 标称 | 最大 | 单位 | 容差 |
|---------------|------|------|-----|------|-------------------|------------|
| 晶片电阻 | CMOS | 15 | 20 | 25 | Ωcm | $\pm 25\%$ |
| 晶片厚度 | CMOS | 600 | 650 | 700 | μm | $\pm 8\%$ |
| N 穴结深 | CMOS | 2 | 2.5 | 3 | μm | $\pm 20\%$ |
| n+结深 | CMOS | 0.15 | 0.2 | 0.25 | μm | $\pm 25\%$ |
| p+结深 | CMOS | 0.15 | 0.2 | 0.25 | μm | $\pm 25\%$ |
| 场氧化厚度 | CMOS | 0.45 | 0.5 | 0.55 | μm | $\pm 10\%$ |
| 门氧化厚度 | CMOS | 12 | 13 | 14 | μm | $\pm 7\%$ |
| 聚乙烯 (poly) 厚度 | CMOS | 0.27 | 0.3 | 0.33 | μm | $\pm 10\%$ |

| | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|-----|------|---------------|-------------|
| ILD1 厚度 (PECVD 玻璃) | CMOS | 0.5 | 0.6 | 0.7 | μm | $\pm 16\%$ |
| 金属 1 厚度 (铝) | CMOS | 0.55 | 0.6 | 0.65 | μm | $\pm 8\%$ |
| ILD2 厚度 (PECVD 玻璃) | CMOS | 0.6 | 0.7 | 0.8 | μm | $\pm 14\%$ |
| 金属 2 厚度 (铝) | CMOS | 0.55 | 0.6 | 0.65 | μm | $\pm 8\%$ |
| ILD3 厚度 (PECVD 玻璃) | CMOS | 0.6 | 0.7 | 0.8 | μm | $\pm 14\%$ |
| 金属 3 厚度 (铝) | CMOS | 0.9 | 1.0 | 1.1 | μm | $\pm 10\%$ |
| 外涂层 (PECVD 玻璃) | CMOS | 0.4 | 0.5 | 0.6 | μm | $\pm 20\%$ |
| 钝化 (Si_3N_4) | CMOS | 0.4 | 0.5 | 0.6 | μm | $\pm 20\%$ |
| 加热器厚度 (TiN) | MEMS | 0.85 | 0.9 | 0.95 | μm | $\pm 5\%$ |
| 致动器厚度 (PECVD 玻璃) | MEMS | 1.9 | 2.0 | 2.1 | μm | $\pm 5\%$ |
| 弯曲补偿装置厚度 (TiN) | MEMS | 0.85 | 0.9 | 0.95 | μm | $\pm 5\%$ |
| 牺牲层厚度 (低应力 BPSG) | MEMS | 13.5 | 15 | 16.5 | μm | $\pm 10\%$ |
| 喷嘴蚀刻 (BPSG) | MEMS | 1.6 | 2.0 | 2.4 | μm | $\pm 20\%$ |
| 喷嘴腔和罩 (PECVD 玻璃) | MEMS | 0.3 | 0.5 | 0.7 | μm | $\pm 40\%$ |
| 喷嘴 CMP 深度 | MEMS | 0.7 | 1 | 1.3 | μm | $\pm 30\%$ |
| 晶片薄化 (背面研磨和抛光) | MEMS | 295 | 300 | 305 | μm | $\pm 1.6\%$ |
| 背面蚀刻硬掩模 (SiO_2) | MEMS | 2.25 | 2.5 | 2.75 | μm | $\pm 10\%$ |
| STS ASE 背面蚀刻 (停止在铝上) | MEMS | 305 | 325 | 345 | μm | $\pm 6\%$ |

控制逻辑

参照图 76, 示出了与单独墨水喷嘴相关的控制逻辑电路。该控制逻辑电路 280 用于按需激励一加热器元件 281。所述控制逻辑电路 280 包括一移位寄存器 282、一传输寄存器 283 和一激发控制门 284。基本操作是将数据从一个移位寄存器 282 移位到下一个移位寄存器, 直到其就位。随后, 在传输启动信号 286 的激活下, 数据被传输到传输寄存器 283。该数据被锁存在所述传输寄存器 283 中, 随后, 使用一激发相位控制信号 289 来激活门 284, 用于输出一加热脉冲从而加热器元件 281。

由于优选实施例采用一种 CMOS 层, 用于实现所有控制电路, 所述控制电路的一种适合的 CMOS 实施形式将被描述。参照图 77, 示出了

一种相应 CMOS 电路的方框图。首先，移位寄存器 282 进行反向数据输入，并在移位同步信号 291、292 的控制下锁存该输入。数据输入 290 被输出 294 输出到下一个移位寄存器，且也在传输启动信号 296、297 的控制下，被传输寄存器 283 锁存。在启动信号 299 的控制下，启动门 284 被激活，从而驱动一功率晶体管 300，该晶体管能够耐受电阻器 281 的热量。作为标准 CMOS 组成部分的移位寄存器 282，传输寄存器 283 和启动门 284 的功能对于 CMOS 电路设计领域的普通技术人员来说是公知的。

复制器件

喷墨打印头可包括大量的复制器件单元，每个的器件单元的设计基本上相同。下面将讨论该设计。

首先参见图 78，示出了用在随后的讨论中的不同材料层的一般性图解或图例。

图 79 示出了在 1 微米栅格 306 上的器件单元 305。所述器件单元 305 大部分时间被拷贝并复制，除通道之外，图 79 还示出了扩散核多层。参照图 77 预先说明信号 290、291、292、296、297 和 299。图 79 的包括总体布置的许多重要方面包括：移位寄存器，传输寄存器和门以及驱动晶体管。重要的是，所述驱动晶体管 300 包括一上聚乙烯层，其布置具有大量的垂直迹线。所述垂直迹线的重要性在于，保证形成在功率晶体管 300 上的加热元件的波纹性质，将具有一波纹底部，且波纹通常沿迹线的垂直方向延伸。这最好参见图 69、71 和 74。考虑到由于 CMOS 的布线在下面而不可避免地发生的波纹的特性和方向对于致动器的最终效率是重要的。在理想情况下，通过包含在形成致动器之前的在基底的上表面上的平面化的步骤，形成的致动器没有波纹。然而，最好的消除附加工艺步骤的办法是，保证波纹沿着在示例中示出的横断致动器的弯曲轴线的方向延伸，且优选是沿其长度保持不变。结果是，致动器的效率比平面致动器的仅小 2%，这在许多情况下是令人

满意的结果。相反，与平面致动器相比，纵向延伸的波纹将使效率减小约 20%。

在图 80 中，示出了第一水平金属层的添加物，其包括启动线 296, 297。

在图 81 中，示出了第二水平金属层，除了相关的反射分量 323 和 328 之外，其还包括：数据同轴线 290，串行时钟线（SClockline）91、串行时钟线 292、Q 294、TEn 296 和 TEn 297、V-320、V_{DD} 321、Vss 322。部分 330 和 331 被用作牺牲性蚀刻剂。

现参照图 82，示出了第三水平金属层，其包括位于加热器致动器之下的一部分 340，该部分被用作牺牲性蚀刻层。该部分 341 被用作致动器结构的一部分，且具有提供电气相互连接的部分 342 和 343。

参照图 83，示出了平面传导性加热电路层，其包括加热器臂 350 和 351，它们与下层相互连接。所述加热器臂或者被形成在斜槽的侧面上，从而朝着固定端被变窄，或者被形成在致动器臂的近端上，提供增加的电阻，从而在该区域加热并膨胀。通过一中断 355，加热电路层 352 的第二部分与臂 350 和 351 电绝缘，并为主叶片 356 提供结构支撑。所述中断可以采取任何适合的形式，但典型的是如图中 355 处所示的一窄槽。

在图 84 中，示出了罩和喷嘴层的部分，包括罩 353 和外喷嘴腔 354。

参照图 85，示出了墨水喷嘴阵列的一部分 360，所述墨水喷嘴阵列被分成三组 361-363，每组提供单色的输出（青、品红和黄），从而提供三色打印。除了接合垫 365 之外，还设置一系列标准单元时钟缓冲器和地址解码器 364，用于与外部电路相互连接。

每个颜色组 361、363 包括两行间隔开的墨水喷嘴，例如 367，其中每个具有一加热器致动器元件。

图 87 以切去的方式示出了总体布置一种形式，其中第一区域 370 示出了直到多晶硅水平的层。第二区域 371 示出了直到第一水平金属的层，区域 372 示出了直到第二水平金属的层，区域 373 示出了直到加热

器致动器层的层。

墨水喷嘴被分成两组，每组 10 个喷嘴，共用一穿过晶片的公共墨水通道。参照图 88，示出了晶片的背面，其包括一系列供墨通道 380，用于为前表面提供墨水。

复制

在如下文的复制体系 (hierarchy) 表中所示的体系中，在 4" 打印头上，器件单元被复制 19,200 次。布置栅格是在 0.5 微米为 1/2 1 (0.125 微米)。许多理论变换距离正好落在栅格点上。在它们不落在栅格点上的位置，距离被归入 (rounded) 到最近的栅格点上。归入的数由星号示出。在所有的情况下，转换被从相应喷嘴的中心测量。五个偶数喷嘴变换到五个偶数喷嘴还包括 180° 的旋转。用于该步骤的译码从五对喷嘴的中心重合的位置开始。

复制体系表

| 复制 复制阶段 | 旋转(°) | 复制比率 | 喷嘴 总数 | X 变换 | Y 变换 | | | | |
|---|-------|------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | | | | 象 素 | 栅格单 元 | 实际微 米数 | 象 素 | 栅格 单元 | 实际微 米数 |
| 0 最初旋转 | 45 | 1:1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 在一个密 集 小 群 (pod) 中 的奇数喷 嘴 | 0 | 5:1 | 5 | 2 | 254 | 31.75 | 1/10 | 13* | 1.625* |
| 2 在一个密 集小群中 的偶数喷 嘴 | 180 | 2:1 | 10 | 1 | 127 | 15.875 | 1 9/16 | 198* | 24.75* |
| 3 一 CMY 三密集小 群中的密 | 0 | 3:1 | 30 | 5 1/2 | 699* | 87.375* | 7 | 889 | 111.125 |

| | 集小群 | | | | | | | | | |
|---|--------------|---|------|-------|-----|--------|--------|---|---|---|
| 4 | 每密集小群组的三密集小群 | 0 | 10:1 | 300 | 10 | 1270 | 158.75 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 每激发组的密集小群组 | 0 | 2:1 | 600 | 100 | 12700 | 1587.5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 每段的激发组 | 0 | 4:1 | 2400 | 200 | 25400 | 3175 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 每打印头的段 | 0 | 8:1 | 19200 | 800 | 101600 | 12700 | 0 | 0 | 0 |

组成

以适用于如图 89 中所示的照相机照片打印的 4 英寸打印头为例，4 英寸打印头 380 包括 8 个段 381，每个段长度为 1/2 英寸。因此每个段在页面的不同部分上打印二级的青色，品红和黄色点，以产生最终图像。8 个段的位置在图 89 中示出。在该示例中，打印头采取以 1600dpi 打印点，每个点的直径为 15.875 微米。这样，每个半英寸段打印 800 个点，8 个段对应于如下表所示的位置：

| 段 | 第一点 | 最后点 |
|---|------|------|
| 0 | 0 | 799 |
| 1 | 800 | 1599 |
| 2 | 1600 | 2399 |
| 3 | 2400 | 3199 |
| 4 | 3200 | 3999 |
| 5 | 4000 | 4799 |
| 6 | 4800 | 5599 |
| 7 | 5600 | 6399 |

虽然每个段在最终图像上产生 800 个点，每个点由混合的二级青色、品红和黄色墨水表示。因为打印是二级的，因此为了获得最好的效果，输入图像应当被抖动处理或误差扩散处理。

每个段 381 包括 2400 个喷嘴：每个青色，品红色和黄色 800 个。一个四英寸打印头包括 8 个这样的段，以供 19,200 个喷嘴。

在单个段中对喷嘴进行分组是由于在打印期间的物理稳定性和功耗

最小化的原因。在物理稳定性方面，如图 88 所示的 10 个喷嘴的组被组合在一起，并公用同一墨水槽容器。在功耗方面，进行所述组合，从而仅 96 个喷嘴被从整个打印头同时激发。因为 96 个喷嘴应当为最大距离，12 个喷嘴被从每个段激发。为了激发所有的 19200 个喷嘴，96 个喷嘴的 200 个不同组必须被激发。

图 90 示意性示出了一个单独的密集小群 395，该小群包括从 1 到 10 的 10 个喷嘴，它们公用一个公共供墨通道。5 个喷嘴为一行，而 5 个在另一行。每个喷嘴产生直径为 $15.875\mu\text{m}$ 的点。所述喷嘴按照它们被激发的顺序被编号。

虽然所述喷嘴按照该顺序被激发，但喷嘴的关系以及打印页面上的点的物理布置是不同的。一行上的喷嘴表示页面上的一排的偶数点，而另一行上的喷嘴表示页面上的相邻排的奇数点。图 91 示出了同一密集小群，其中喷嘴按照它们被加载荷的顺序编号。

因此在一个密集小群中的喷嘴被逻辑地分开一个点的宽度。喷嘴之间的相同距离将依赖于喷墨激发机构的特性。在最佳情况下，喷嘴头可以被设计成具有交错的喷嘴，其被设计成配合走纸。在最差的情况下，存在 $1/3200 \text{ dpi}$ 的误差。而该误差可以在显微镜下比照完美直线而观察到，当然在照片图像中观察不到。

如图 92 所示，三个表示青 398，品红 397，和黄 396 单元的密集小群被组合成三密集小群 400。三密集小群表示 10 个点的同一水平但不同排的组。不同色密集小群之间的确切距离依赖于喷墨操作参数，且可能在各次喷墨之间发生变化。该距离可以被认为是点宽的常数，且因此在打印时必须被考虑到：由青色喷嘴打印的点将比由品红或黄色喷嘴打印的点更可能着落在不同排上。打印算法必须允许在达到约 8 点宽的距离上可以变化。

如图 93 所示，10 个三密集小群 404 被组合成一个密集小群组 405。由于每个三密集小群包括 30 个喷嘴，因此每个密集小群组包括 300 个喷

嘴：100 个青色喷嘴，100 个品红喷嘴和 100 个黄色喷嘴。

从 0 到 9 的三密集小群组的排列在图 93 中示出。为了清楚起见，相邻三密集小群之间的距离被放大。

如图 94 所示，两个密集小群组（密集小群组 A 410 和密集小群组 B 411）被组合成一个激发组 414，在每个段 415 中有 4 个激发组。每个段 415 包括 4 个激发组。为了清楚起见，相邻激发组之间的距离被放大。

| 组名 | 组成 | 复制比率 | 喷嘴计数 |
|-------|-------------------|------|-------|
| 喷嘴 | 基本单元 | 1:1 | 1 |
| 密集小群 | 每个密集小群的喷嘴 | 10:1 | 10 |
| 三密集小群 | 每个 CMY 三密集小群的密集小群 | 3:1 | 30 |
| 密集小群组 | 每个密集小群组的三密集小群 | 10:1 | 300 |
| 激发组 | 每个激发组的密集小群组 | 2:1 | 600 |
| 段 | 每个段的激发组 | 4:1 | 2400 |
| 打印头 | 每个打印头的段 | 8:1 | 19200 |

载入和打印周期

打印头总共包括 19200 个喷嘴。一个打印周期包括根据待打印的信息激发所有这些喷嘴。一个载入周期包括将在随后的打印周期中待打印的信息载入打印头中。

每个喷嘴具有一相关的喷嘴启动（图 76 中 289）比特，其确定在打印周期期间，喷嘴是否将被激发。所述喷嘴启动比特（每喷嘴一个）经由一组移位寄存器被载入。

逻辑上，每种颜色，每 800 深（deep）具有 3 个移位寄存器。由于比特被移位到移位寄存器中，它们在交替的脉冲上被发送给下喷嘴和上喷嘴。在内部，每 800 深移位寄存器包括两个 400 深移位寄存器：一个用于上喷嘴，一个用于下喷嘴。交替的比特被交替地移位到内部寄存器中。然而对于外部接口，有一个单独的 800 深移位寄存器。

一旦所有的移位寄存器已经被完全载入（800 脉冲），所有的比特被并行地传输到适合的喷嘴启动比特。这等于单独并行传输 19200 比特。

一旦传输发生，打印周期开始。只要所有的喷嘴启动比特的并行载入在打印周期的末尾发生，则该打印周期和载入周期可同步地发生。

假定为了在 2 秒内打印 1600dpi 的 6"x 4" 的图像，4" 打印头必须打印 9,600 行 (6 x 1600)。在 2 秒内打印约达到 10000 行，则产生 200 微秒的行时间。在该时间内，必须完成一单独的打印周期和一单独的载入周期。另外，打印头外部的物理过程必须移动纸张—合适的量。

载入周期

载入周期与将下一打印周期的喷嘴启动比特载入打印头的移位寄存器有关。

每个段具有 3 个输入，直接与青，品红和黄对移位寄存器有关。这些输入被称为 C 数据输入 (CDataln)，M 数据输入 (MDataln) 和 Y 数据输入 (YDataln)。由于有 8 段，因此每个打印头总共有 24 色输入线。在 SR 时钟线（在所有的 8 个段之间共享）上的一单个脉冲将 24 比特传输到适合的移位寄存器中。交替脉冲分别将比特传递到下喷嘴和上喷嘴。由于有 19200 个喷嘴，因此总共需要 800 个脉冲需要被传输。一旦所有的 19200 比特已被传输，则在共享 Ptransfer 线上的单个脉冲使数据从移位寄存器并行传输到适合的喷嘴启动比特。经由 Ptransfer 上的一个脉冲的并行传输发生在打印周期完成之后。除非用于该打印线的喷嘴启动比特出错。

由于所有的 8 段由单个 SR 时钟脉冲载入，因此打印软件必须产生用于打印头的正确顺序的数据。例如，第一 SR 时钟脉冲将为下一个打印周期的点 0,800, 1600, 2400, 3200, 4000, 4800, 和 5600 传输 C, M 和 Y 比特。第二 SR 时钟脉冲将为下一打印周期的点 1, 801, 1601, 2401, 3201, 4001, 4801 和 5601 传输 C, M 和 Y 比特。在 800 SR 时钟脉冲之后，可以产生 Ptransfer 脉冲。

重要的是，应当注意，虽然在同一打印周期被打印，但奇数和偶数 C, M 和 Y 输出不会出现在同一物理输出线上。打印头中的奇数喷嘴和

偶数喷嘴的物理分离以及不同颜色喷嘴之间的分离，保证了它们在页面的不同线上产生点。在将数据载入打印头中时，这种相对差必须解决。行中的实际差依赖于用在打印头中的喷墨的特性。所述差可以由变量 D_1 和 D_2 定义，其中， D_1 为不同颜色的喷嘴之间的距离（可能值为 4 到 8），且 D_2 为同一颜色的喷嘴之间的距离（可能值=1）。表 3 示出了在第一 4 脉冲上被传输到打印头的段 n 的点。

| 脉冲 | 黄色 | | 品红 | | 青色 | |
|----|---------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
| | 线 | 点 | 线 | 点 | 线 | 点 |
| 1 | N | 800S | $N+D_1$ | 800S | $N+2D_1$ | 800S |
| 2 | $N+D_2$ | 800S+1 | $N+D_1+D_2$ | 800S+1 | $N+2D_1+D_2$ | 800S+1 |
| 3 | N | 800S+2 | $N+D_1$ | 800S+2 | $N+2D_1$ | 800S+2 |
| 4 | $N+D_2$ | 800S+3 | $N+D_1+D_2$ | 800S+3 | $N+2D_1+D_2$ | 800S+3 |

等等对于 800 脉冲。800 SR 时钟脉冲（每个时钟脉冲传输 24 比特）必须发生在 200 毫秒的行时间内。因此，用于计算 19200 喷嘴中每一个的比特值的平均时间必须不超过 $200 \text{ 毫秒} / 19200 = 10 \text{ 毫微秒}$ 。数据可以以 10MHz 的最大速率被记录入打印头中，其将在 80 毫秒内在入数据。以 4MHz 的速率记录数据，将在 200 微妙内载入数据。

打印周期

打印头包含 19200 个喷嘴。对它们一次性激发将消耗过多的功率，且可能产生墨水填充问题和喷嘴干涉问题。因此，单个打印周期包括 200 个不同相位，对于总共 19200 个喷嘴，在每个相位中 96 个最大距离的喷嘴被激发。

* 4 比特三密集小群选择(从激发组中的 10 个密集小群中选择 1 个)

每次被激发的 96 个喷嘴等于每段 12 个（由于接收同一打印信号的所有段被激发）。来自给定段的 12 个喷嘴相等地来自每个激发组。每种颜色，三个喷嘴是一个。所述喷嘴按照以下来确定：

* 4 比特喷嘴选择（从一个密集小群的 10 个喷嘴中选择 1 个）

激发脉冲的持续时间由 AEnable 和 BEnable 线给出，它们分别从所有的激发组中激发密集小群组 A 和密集小群组 B。一脉冲的持续时间取

取决于墨水的粘度(依赖于温度和墨水特性)和打印头可获得的功率的量。

AEnable 和 BEnable 为分离的线, 从而激发脉冲可以被重叠。这样打印周期的包含 100A 相位和 100B 相位的 200 个相位, 有效地给出 100 组相位 A 和相位 B。

当一个喷嘴被激发时, 其大约需要 100 毫秒地时间再填充。这不是问题, 因为整个打印周期需要 200 毫秒。一喷嘴的激发还在喷嘴密集小群的公共墨水通道中产生有限时间的扰动。该扰动可与同一密集小群中的另一喷嘴的激发发生干扰。从而, 在一个密集小群中的喷嘴的激发应当被偏移至少一定量。因此该过程是为了从一三密集小群中激发三个喷嘴(每种颜色一个喷嘴), 然后移动到密集小群组中的下一个三密集小群上。由于在给定的密集小群组中有 10 个三密集小群, 因此在最初的三密集小群之前, 必须激发随后的 9 个密集小群, 必须激发其以下三个喷嘴。2 微秒的 9 个激发间隔给出 18 微秒的墨水设定时间。

随后进行的激发顺序是:

- 三密集小群选择 0, 喷嘴选择 0 (相位 A 和 B)
- 三密集小群选择 1, 喷嘴选择 0 (相位 A 和 B)
- 三密集小群选择 2, 喷嘴选择 0 (相位 A 和 B)
- ...
- 三密集小群选择 9, 喷嘴选择 0 (相位 A 和 B)
- 三密集小群选择 0, 喷嘴选择 1 (相位 A 和 B)
- 三密集小群选择 1, 喷嘴选择 1 (相位 A 和 B)
- 三密集小群选择 2, 喷嘴选择 1 (相位 A 和 B)
- ...
- 三密集小群选择 8, 喷嘴选择 9 (相位 A 和 B)
- 三密集小群选择 9, 喷嘴选择 9 (相位 A 和 B)

注意, 相位 A 和 B 可以被重叠。由于电池功率和墨水粘度的变化(随着温度的变化), 一脉冲的持续时间也将变化。图 95 示出了在典型打印

周期期间的 AEnable 和 BEnable 线。

从打印头的反馈

打印头产生若干条反馈线（从 8 个段中累积）。所述反馈线可以被应用来调整激发脉冲的定时。虽然每个段产生相同的反馈，但来自所有段的反馈共用同一三态总线。因此，此时仅有一个段可以提供反馈。带有关于 CYAN 的数据的检测启动线 ANDed (SenseEnable)，启动用于该段的检测线。反馈检测线如下：

- T 检测 通知控制器打印头有多热。这就允许控制器调整激发脉冲的定时，因为温度影响墨水的粘度。
- V 检测 通知控制器致动器可获得多大电压。这就允许控制器通过调整脉冲宽度，来补偿扁电池或高压电源。
- R 检测 通知控制器致动器加热器的电阻（每平方的欧姆数），这就允许控制器调节脉冲宽度，以保持一恒定能量，而不考虑加热器电阻。
- W 检测 通知控制器加热器关键部位的宽度，由于光刻和蚀刻的变化，该宽度可能变化 5%。这就允许控制器适当地调节脉冲宽度。

预热模式

打印过程非常倾向于处于平衡的温度下。为了保证打印照片的第一部分具有一致的点尺寸，理想的是，平衡温度应当在打印任何点之前达到。这通过预热模式来实现。

预热模式包括一对所有喷嘴载入 1s 的单独的载入周期（即设定所有喷嘴激发），还包括许多对每个喷嘴的短激发脉冲。脉冲的持续时间必须足够长，以喷射墨滴，但足以加热围绕加热器的墨水。虽然对于每个喷嘴需要 200 个脉冲，但贯穿同一顺序的循环作为一标准的打印周期。

通过 T 检测来提供在预热模式期间的反馈，且被持续以达到一平衡温度（高于环境温度约 30°C）。预热模式的持续时间可约为 50 毫秒，且

可以根据墨水的组成进行调节。

打印头接口的概要

打印头具有以下连接：

| 名称 | # 插脚 | 说明 |
|----------------|------|--|
| 三密集小群选择 | 4 | 选择将喷射的三密集小群 (0—9) |
| 喷嘴选择 | 4 | 从密集小群中选择将喷射的喷嘴 (0—9) |
| A 起动 (AEnable) | 1 | 用于密集小群组 A 的激发脉冲 |
| B 起动 (BEnable) | 1 | 用于密集小群组 B 的激发脉冲 |
| C 数据输入[0-7] | 8 | 青色输入到段 0—7 的青色移位寄存器 |
| M 数据输入[0-7] | 8 | 品红输入到段 0—7 的品红移位寄存器 |
| Y 数据输入[0-7] | 8 | 黄色输入到段 0—7 的黄色移位寄存器 |
| SR 时钟 | 1 | 一关于 SR 时钟(移位寄存器时钟)的脉冲，从 C 数据输入[0—7], M 数据输入[0—7]和 Y 数据输入[0-7]，M 数据输入[0—7]和 Y 数据输入[0—7]载入电流值到 24 移位寄存器。 |
| P 传输 | 1 | 从移位寄存器并行传输数据到内部喷嘴启动比特(每喷嘴一个) |
| 检测启动 | 1 | 具有关于 C 数据输入[n]的数据的关于检测启动 ANDed 启动用于段 n 的检测线 |
| T 检测 | 1 | 温度检测 |
| V 检测 | 1 | 电压检测 |
| R 检测 | 1 | 电阻检测 |
| W 检测 | 1 | 宽度检测 |
| 逻辑 GND | 1 | 逻辑接地 (Logic ground) |
| 逻辑 PWR | 1 | 逻辑功率 |
| V- | 汇流线 | |
| V+ | | |
| 总数 | 43 | |

打印头内部，每个段与接合垫具有以下连接：

垫连接

虽然整个打印头总共具有 504 个连接。然而，掩模布置图仅包含 63 个。这是因为芯片由八个相同的且分离的部分组成，每个部分 12.7 微米长。这些部分中的每一个具有间距 200 微米的 63 个垫。在 63 个垫的组

的每个末端，而外有 50 微米，导致准确重复距离为 12700 微米(12.7 微米, 1/2")

垫

| 标号 | 名称 | 功能 |
|----|-----------------|---------------------|
| 1 | V- | 负致动器供电 |
| 标号 | 名称 | 功能 |
| 2 | V _{ss} | 负驱动逻辑供电 |
| 3 | V ₊ | 正致动器供电 |
| 4 | V _{dd} | 正驱动逻辑供电 |
| 5 | V- | 负致动器供电 |
| 6 | SCIk | 串行数据传输时钟 |
| 7 | V ₊ | 正致动器供电 |
| 8 | TEn | 并行传输启动 |
| 9 | V- | 负致动器供电 |
| 10 | EPEn | 偶数相位启动 |
| 11 | V ₊ | 正致动器供电 |
| 12 | OPEn | 奇数相位启动 |
| 13 | V- | 负致动器供电 |
| 14 | NA[0] | 喷嘴地址[0](在密集小群中) |
| 15 | V ₊ | 正致动器供电 |
| 16 | NA[1] | 喷嘴地址[1](在密集小群中) |
| 17 | V- | 负致动器供电 |
| 18 | NA[2] | 喷嘴地址[2](在密集小群中) |
| 19 | V ₊ | 正致动器供电 |
| 20 | NA[3] | 喷嘴地址[3](在密集小群中) |
| 21 | V- | 负致动器供电 |
| 标号 | 名称 | 功能 |
| 22 | PA[0] | 密集小群地址[0] (10 中的 1) |
| 23 | V ₊ | 正致动器供电 |
| 24 | PA[1] | 密集小群地址[1] (10 中的 1) |
| 25 | V- | 负致动器供电 |
| 26 | PA[2] | 密集小群地址[2] (10 中的 1) |
| 27 | V ₊ | 正致动器供电 |
| 28 | PA[3] | 密集小群地址[3] (10 中的 1) |
| 29 | V- | 负致动器供电 |

| | | |
|----|-----------------|---------------|
| 30 | PGA[0] | 密集小群组地址[0] |
| 31 | V+ | 正致动器供电 |
| 32 | FGA[0] | 激发组地址[0] |
| 33 | V- | 负致动器供电 |
| 34 | FGA[1] | 激发组地址[1] |
| 35 | V+ | 正致动器供电 |
| 36 | SEn | 检测启动 |
| 37 | V- | 负致动器供电 |
| 38 | T 检测 | 温度检测 |
| 39 | V+ | 正致动器供电 |
| 40 | R 检测 | 致动器电阻检测 |
| 41 | V- | 负致动器供电 |
| 标号 | 名称 | 功能 |
| 42 | W 检测 | 致动器宽度检测 |
| 43 | V+ | 正致动器供电 |
| 44 | V 检测 | 电源电压检测 |
| 45 | V- | 负致动器供电 |
| 46 | N/C | 备用 (spare) |
| 47 | V+ | 正致动器供电 |
| 48 | D[C] | 青色串行数据输入 |
| 49 | V- | 负致动器供电 |
| 50 | D[M] | 品红串行数据输入 |
| 51 | V+ | 正致动器供电 |
| 52 | D[Y] | 黄色串行数据输入 |
| 53 | V- | 负致动器供电 |
| 54 | Q[C] | 青色数据输出 (用于测试) |
| 55 | V+ | 正致动器供电 |
| 56 | Q[M] | 品红数据输出 (用于测试) |
| 57 | V- | 负致动器供电 |
| 58 | Q[Y] | 黄色数据输出 (用于测试) |
| 59 | V+ | 正致动器供电 |
| 60 | V _{ss} | 负驱动逻辑供电 |
| 61 | V- | 负致动器供电 |
| 标号 | 名称 | 功能 |
| 62 | V _{dd} | 正驱动逻辑供电 |
| 63 | V+ | 正致动器供电 |

制造和操作公差

| 参数 | 偏差原因 | 补偿 | 最小 | 标称 | 最大 | 单位 |
|-----------------|------|------|------|------|------|-------------------------|
| 环境温度 | 环境变化 | 实时 | -10 | 25 | 50 | ℃ |
| 喷嘴半径 | 光刻 | 亮度校准 | 5.3 | 5.5 | 5.7 | 微米 |
| 喷嘴长度 | 加工 | 亮度校准 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 微米 |
| 喷嘴尖端接触角 | 加工 | 亮度校准 | 100 | 110 | 120 | ° |
| 叶片半径 | 光刻 | 亮度校准 | 9.8 | 10.0 | 10.2 | 微米 |
| 叶片一腔间隙 | 光刻 | 亮度校准 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 微米 |
| 腔半径 | 光刻 | 亮度校准 | 10.8 | 11.0 | 11.2 | 微米 |
| 入口面积 | 光刻 | 亮度校准 | 5500 | 6000 | 6500 | 微米 ² |
| 入口长度 | 加工 | 亮度校准 | 295 | 300 | 305 | 微米 |
| 入口蚀刻角度 (凹入的) | 加工 | 亮度校准 | 90.5 | 91 | 91.5 | 度 |
| 加热器厚度 | 加工 | 实时 | 0.95 | 1.0 | 1.05 | 微米 |
| 加热器电阻 | 材料 | 实时 | 115 | 135 | 160 | μ Ω -cm |
| 加热器杨氏模量 | 材料 | 掩模图案 | 400 | 600 | 650 | Gpa |
| 加热器密度 | 材料 | 掩模图案 | 5400 | 5450 | 5500 | Kg/m ³ |
| 加热器 CTE | 材料 | 掩模图案 | 9.2 | 9.4 | 9.6 | 10 ⁻⁶ / ℃ |
| 加热器宽度 | 光刻 | 实时 | 1.15 | 1.25 | 1.35 | 微米 |
| 加热器长度 | 光刻 | 实时 | 27.9 | 28.0 | 28.1 | 微米 |
| 致动器玻璃厚度 | 加工 | 亮度校准 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 微米 |
| 玻璃杨氏模量 | 材料 | 掩模图案 | 60 | 75 | 90 | GPa |
| 玻璃 CTE | 材料 | 掩模图案 | 0.0 | 0.5 | 1.0 | 10 ⁻⁶ / ℃ |
| 致动器壁角 | 加工 | 掩模图案 | 85 | 90 | 95 | 度 |
| 致动器与基底间 的间隙 | 加工 | 不需要 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 微米 |
| 弯曲消除层 | 加工 | 亮度校准 | 0.95 | 1.0 | 1.05 | 微米 |
| 杆臂长度 | 光刻 | 亮度校准 | 87.9 | 88.0 | 88.1 | 微米 |
| 腔高度 | 加工 | 亮度校准 | 10 | 11.5 | 13 | 微米 |
| 腔壁角 | 加工 | 亮度校准 | 85 | 90 | 95 | 度 |
| 颜色相关墨水粘 度 | 材料 | 掩模图案 | -20 | 标称 | +20 | % |
| 墨水表面张力 | 材料 | 程序 | 25 | 35 | 65 | N/m |

| | | | | | | |
|-----------|-------|------|-------|-------|-------|-----|
| 墨水粘度@25°C | 材料 | 程序 | 0.7 | 2.5 | 15 | cP |
| 墨水着色浓度 | 材料 | 程序 | 5 | 10 | 15 | % |
| 墨水温度(相对) | 加工 | 无 | -10 | 0 | +10 | °C |
| 墨水压力 | 加工 | 程序 | -10 | 0 | +10 | kPa |
| 墨水干燥 | 材料 | 程序 | +0 | +2 | +5 | cP |
| 致动器电压 | 加工 | 实时 | 2.75 | 2.8 | 2.85 | V |
| 驱动脉冲宽度 | 晶体振荡器 | 不需要 | 1.299 | 1.300 | 1.301 | 微秒 |
| 驱动晶体管电阻 | 加工 | 实时 | 3.6 | 4.1 | 4.6 | W |
| 制造温度 | 加工 | 设计校正 | 300 | 350 | 400 | °C |
| 电池电压 | 操作 | 实时 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | V |

随环境温度的变化

环境温度变化的主要结果是，墨水粘度和表面张力发生变化。由于弯曲致动器仅响应于致动器层和弯曲补偿层之间的温度差，因此环境温度对于弯曲致动器的直接影响可以忽略。TiN 加热器的电阻仅随温度发生微小变化。以下模拟试验是对于水基油墨，且在 0°C 到 80°C 的温度范围内。

墨滴速度和墨滴体积不是如人们所期望的随着温度的升高而单调增加。简单的解释如下：由于温度升高，粘度的下降较表面张力的下降快。由于粘度下降，墨水移出喷嘴的运动较容易。然而，围绕叶片的墨水的运动（从位于叶片前面的高压区到位于叶片后面的低压区）变化加剧。这样，更多墨水的运动在高温和低粘度的情况下“较短循环”。

| 环境温度 | 墨水粘度 | 表面张力 | 致动器宽度 | 致动器厚度 | 致动器长度 | 致动器电压 | 脉冲电压 | 脉冲电流 | 脉冲宽度 | 脉冲能量 | 峰值温度 | 叶片偏转 | 叶片速度 | 墨滴速度 | 墨滴体积 |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| °C | cP | dyne | μm | μm | μm | V | mA | μs | nJ | °C | μm | m/s | m/s | m/s | pl |
| 0 | 1.79 | 38.6 | 1.25 | 1.0 | 27 | 2.8 | 42.47 | 1.6 | 190 | 465 | 3.16 | 2.06 | 2.82 | 0.80 | |
| 20 | 1.00 | 35.8 | 1.25 | 1.0 | 27 | 2.8 | 42.47 | 1.6 | 190 | 485 | 3.14 | 2.13 | 3.10 | 0.88 | |
| 40 | 0.65 | 32.6 | 1.25 | 1.0 | 27 | 2.8 | 42.47 | 1.6 | 190 | 505 | 3.19 | 2.23 | 3.25 | 0.93 | |
| 60 | 0.47 | 29.2 | 1.25 | 1.0 | 27 | 2.8 | 42.47 | 1.6 | 190 | 525 | 3.13 | 2.17 | 3.40 | 0.78 | |
| 80 | 0.35 | 25.6 | 1.25 | 1.0 | 27 | 2.8 | 42.47 | 1.6 | 190 | 545 | 3.24 | 2.31 | 3.31 | 0.88 | |

调节 IJ46 打印头的温度，以优化墨滴体积和墨滴速度的一致性。芯

片上用于每段的温度被检测。温度检测信号（T 检测）被连到一公共 T 检测输出。通过使用 D [C₀₋₇] 线，集合感测启动（Sen）并选择适合的段，适合的 T 检测信号被选择。该 T 检测信号被驱动 ASIC 数字化，且驱动脉冲宽度被改变，以补偿墨水粘度的变化。墨水的数字定义的粘度/温度关系被储存在与墨水有关的验证芯片中。

喷嘴半径的变化

喷嘴半径对于墨滴体积和墨滴速度有重要影响。为此，其被 0.5 微米光刻所严格控制。喷嘴由 2 微米的牺牲性材料所蚀刻，随后进行喷嘴壁材料的沉积和 CMP 步骤。所述 CMP 使喷嘴结构平面化，并去除外涂层的顶部，使内部牺牲性材料暴露。随后，所述牺牲性材料被去除，留下自对准喷嘴和喷嘴边缘。喷嘴的精确内半径首先由光刻的精度确定，然后确定 2 微秒蚀刻的侧壁角的一致性。

下表示出了在多种喷嘴半径下的操作。随着喷嘴半径的增加，墨滴速度平稳下降。然而，墨滴体积的峰值大约在半径为 5.5 微米。标称喷嘴半径为 5.5 微米，且操作公差规定允许该半径发生 4% 的变化，从而给出了 5.3 到 5.7 微秒的范围。该模拟试验还包括了超出所述标称操作范围（5.0 和 6.0 微米）。主要喷嘴半径的变化将有可能由结合牺牲性喷嘴蚀刻和 CMP 步骤来确定。这意味着，所述变化有可能是非局部的：晶片之间的差异，晶片的中心和周长之间的差异。晶片之间的差异由“亮度调节”来补偿。只要其不是突然的，那么晶片之间的差别就是感觉不到的。

| 喷嘴半径 μm | 墨水粘度 CP | 表面张力 mN/m | 致动器宽度 μm | 致动器长度 μm | 脉冲电压 V | 脉冲电流 mA | 脉冲宽度 μs | 脉冲能量 nJ | 峰值温度 ℃ | 峰值压力 kPa | 叶片偏转 μm | 叶片速度 m/s | 墨滴速度 m/s | 墨滴体积 pl |
|------------|------------|--------------|-------------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|
| 5.0 | 0.65 | 32.6 | 1.25 | 25 | 2.8 | 42.36 | 1.4 | 166 | 482 | 75.9 | 2.81 | 2.18 | 4.36 | 0.84 |
| 5.3 | 0.65 | 32.6 | 1.25 | 25 | 2.8 | 42.36 | 1.4 | 166 | 482 | 69.0 | 2.88 | 2.22 | 3.92 | 0.87 |
| 5.5 | 0.65 | 32.6 | 1.25 | 25 | 2.8 | 42.36 | 1.4 | 166 | 482 | 67.2 | 2.96 | 2.29 | 3.45 | 0.99 |
| 5.7 | 0.65 | 32.6 | 1.25 | 25 | 2.8 | 42.36 | 1.4 | 166 | 482 | 64.1 | 3.00 | 2.33 | 3.09 | 0.95 |
| 6.0 | 0.65 | 32.6 | 1.25 | 25 | 2.8 | 42.36 | 1.4 | 166 | 482 | 59.9 | 3.07 | 2.39 | 2.75 | 0.89 |

供墨系统

根据前述技术构造的打印头，可用于类似于 PCT 专利申请 NO.PCT/AU98/00544 中所公开的照相机打印系统中。下面将对适用于按需照相机系统中进行打印的打印头和供墨装置进行说明。从图 96 和图 97 中开始，示出了以供墨单元 430 的形式存在的供墨装置的部分。所述供墨单元可被构造成包括三个墨水储存腔 521，供应三种颜色的墨水到打印头的背面，其优选的形式是一种打印头芯片 431。墨水借助包括一系列槽 434 的墨水分配模或歧管 433 被供给到打印头，所述槽用于使墨水经由精确公差的墨水出口 432 流动到打印头 431 的背面。所述出口 432 非常小，其宽度约为 100 微米，因此需要以比相邻的供墨单元的相互作用组件例如下文所述的壳体 495 的精度更高的精度制造。

打印头 431 成细长结构，且可以借助硅酮凝胶或类似弹性粘合剂 520，与墨水分配歧管中的打印头孔 435 连接。

优选的是，通过施加粘合剂，打印头沿着其背面 438 和侧面连接到打印头孔 435 的内侧。按照这种方式，粘合剂仅施加于所述孔和打印头相互连接的表面，从而将阻塞形成在打印头芯片 431（见图 88）背面上的精确供墨通道 380 的风险最小化。另外，还设置一过滤器 436，其被设计成围绕分配模 433 配置，从而对经过模 433 的墨水进行过滤。

墨水分配模 433 和过滤器 436 被依次插入隔离单元 437 中，所述隔

离单元在其接触面 438 上涂布有硅酮密封剂，这样墨水能够例如流过形成在隔离单元的相应壁中的孔 440，然后穿过与孔 440 对齐的槽 434。所述隔离单元 437 可以是塑料注模单元，其包括许多间隔开的隔板或条板 441—443。所述隔板被形成在每个墨水通道内，从而减小墨水在储存腔 521 中的加速度，该加速度由便携式打印机的运动所引起。其在该优选形式下将发生沿着打印头的纵向长度的破裂，且同时允许响应来自打印头的激发命令而使墨水流到打印头。所述隔板有效地设置于墨水的便携式滑架，从而使在操作期间的流量波动的中断最小化。

所述隔离单元 437 随后被装入壳体 445 中。该壳体 445 可以被超声波焊接到隔离单元 437，从而将隔离单元 437 密封在三个分隔开的墨水腔 521 中。该隔离单元 437 进一步包括一系列可穿透端壁部 450—452，其可以被相配合的用于使墨水流入三个腔中的每一个的供墨管道穿透。所述壳体 445 还包括一系列孔 455，它们被借助带或类似材料被疏水地密封，从而允许隔离单元的三个腔中的空气排出，同时，由于孔 455 的疏水特性，墨水被保留在隔离腔中。

通过将墨水分配单元制造成如上所述的相互分隔开的组件，能够使用相对传统的注模技术，而不需考虑与打印头的接触面的高几个年度。这是因为，通过连续地使用较小的组件，且最小的最终元件为墨水分配歧管或为了与形成在芯片中的供墨通道 380 的精确相互作用，需要以较小公差制造，从而尺寸精度要求被分级地降低。

壳体 445 包括一系列定位凸起 460—462。第一系列凸起被设计成与以带状自动粘合膜 470 形式存在的相互连接装置精确定位，另外还与第一和第二电力母线和接地母线 465 和 466 精确定位，所述第一和第二电力和接地母线在沿着 TAB 膜的表面的大量位置上与该 TAB 膜相互连接，从而沿着 TAB 膜 470 的表面提供低电阻电力和接地分配，该膜 470 又与打印头芯片 431 互连。

在图 102 和 103 中以打开状态详细示出的 TAB 膜 470 为双侧的，在

其外侧上具有以若干纵向延伸的控制线互连 550 形式存在的数据/信号总线，其可释放地与相应的若干外部控制线相连。而且设置在外侧上的为以沉积贵金属条 552。

所述 TAB 膜 470 的内侧具有若干横向延伸的连接线 553，其交替地经由母线连接到电源，经由区域 554 连接到打印头上地接合垫。借助延伸过 TAB 膜地通道 556 实现与控制线的连接。使用 TAB 膜的许多优点中的一个提供将硬母线轨连接到易碎打印头芯片 431 的挠性装置。

所述母线 465,466 顺序连接到触点 475,476，所述触点借助盖单元 478 被牢固地夹靠在母线 465,466 上。所述盖单元 478 还可包括一注模部分，并包括一用于插入铝棒的槽 480，用于帮助切割打印页。

现参照图 98，局部示出了打印头单元 430，相关压纸卷简单元 490，打印辊单元 491 以及与单元 430,490 和 491 每个均彼此相连的驱动力分配单元 492。

切纸刀 495 能够由第一马达沿着铝刀 498 驱动，从而在打印完成后切下一张照片 499。图 98 的系统的操作类似于如 PCT 专利申请 PCT/AU98/00544 所公开的系统的操作。墨水被储存在打印辊模版 501 的芯部 500，印刷媒介被卷绕在该打印辊模版 501 上。在电动机的控制下，打印媒介在压纸卷简单元 490 和打印头单元 430 之间进给，经由传墨通道 505，墨水与打印头单元 430 相互连接。在前述 PCT 说明书中对打印辊单元 491 进行了说明。在图 99 中，示出了单个打印机单元的组装状态。

特征和优点

相对于其它打印技术而言，IJ46 打印头具有许多特征和优点。在某些情况下，优点在于避免了现有技术中固有的问题。以下是关于一些优点的讨论。

高分辨率

IJ46 打印头的分辨率为在扫描方向和横断扫描的方向上均为 1,600

点每英寸 (dpi)。这就能够实现照片质量彩色图像，和高质量文本（包括汉字）。对于特定应用，已经研究出更高的分辨率：2,400 dpi 和 4,800 dpi 型式，但在大多应用中，选择 1,600 dpi 是理想的。高级商用压电设备的实际分辨率约为 120 dpi，而热喷墨设备的实际分辨率约为 600 dpi。

卓越的图像质量

高图像质量要求高分辨率和墨滴的精确定位。IJ46 打印头的整体式页宽特性允许墨滴以半微米精度定位。高精度还通过消除墨滴方向错误，静电偏转，空气扰动，旋涡，以及保持墨滴体积和墨滴速度的高度一致性来获得。图像质量还通过提供足够的分辨率以避免需要多种墨水浓度来获得。对于五色或六色“照片”喷墨打印系统，如果着色相互作用和墨滴尺寸不是非常好，那么可以在中间调中引入半色调人工效果。这个问题在二进制三色系统例如用在 IJ46 打印头中的系统中被解决。

高速 (30ppm 每打印头)

打印头的页宽特性允许高速工作，因为不需要进行扫描。打印一幅 A4 的彩色页面需要不到 2 秒，每个打印头能够以每分钟 30 页 (ppm) 的速度进行工作。多个打印头可以平行地使用，以获得 60ppm, 90ppm, 120ppm, 等等。IJ46 打印头成本低，且紧凑，因此多个打印头的设计是可以实现的。

低成本

由于 IJ46 打印头的组装密度非常高，因此每打印头的芯片面积可以降低。这就使制造成本降低，许多打印头芯片可以装配在用以晶片上。

全数字工作

选择打印头的高分辨率，以允许使用数字半色调进行全数字工作。这就消除了颜色的非线性（连续调打印机中的一个问题），并简化了驱动 ASIC 的设计。

墨滴体积小

为了实现 1600dpi 的实际分辨率，要求墨滴尺寸小。IJ46 打印头的

墨滴尺寸为一微微升 (1 pl)。而先进的商用压电和热喷墨设备的墨滴尺寸约为 3 pl 到 30 pl。

墨滴速度的精确控制

由于墨滴喷射器是一种精确的机械装置，且不依赖气泡成核，因此可以实现墨滴体积的精确控制。这就允许在媒介和气流可以被控制的情况下，实现低墨滴速度(3-4 m/s)。通过使提供给致动器的能量发生变化，墨滴速度可以在相当大的范围内精确变化。高墨滴速度(10 to 15 m/s)适用于普通纸打印，通过使用变化的喷嘴腔和致动器尺寸，可以实现相对自由的条件。

快速干燥

非常高的分辨率，非常小的墨滴，和高染料密度的组合，允许在喷射非常少的水的情况下进行彩色打印。1600 dpi 的 IJ46 打印头喷射的水量约为 600dpi 的热喷墨打印机的 33%。这就允许了快速的干燥并实质上克服了纸张的起皱。

宽温度范围

IJ46 打印头被涉及成克服了环境温度的影响。仅仅墨水特性随温度的变化影响工作，且其可以被电子地补偿。对于水基油墨，工作温度范围优选为 0°C 到 50°C。

不需要特殊的制造装备

IJ46 打印头杠杆系统的制造方法完全来自于已建立的半导体制造厂。多数喷墨系统遇到的主要难题和成本在于从实验室移动到工厂，需要高精度的专门制造装备。

可获得高生产量

—每月 10000 晶片起步的 6"CMOS 制造厂 (fab) 每年可制造约 18000000 打印头。—每月 20000 晶片起步的 8"CMOS 制造厂 (fab) 每年可制造约 60000000 打印头。当前，世界上有许多这种 CMOS 制造厂 (fab)。

低工厂准备成本

工厂准备成本低的原因在于,存在 500000 个 6"CMOS 制造厂(fab)。这些制造厂完全是已分期偿还的,且基本上废弃 CMOS 逻辑生产。因此,批量生产可以采用“老的”现存的设备。在 CMOS 制造厂中,多数 MEMS 后加工也可以进行。

良好的耐光性

由于墨水没有被加热,因此对所使用的染料的类型很少限制。这就允许选择具有最适宜的耐光性的染料。一些近来由例如 Avecia 和 Hoechst 公司研发的染料的耐光性为 4。这等于许多颜料的耐光性,且超过至今所使用的照片染料和喷墨打印染料很多。

良好的耐水性

由于具有耐光性,对染料的较小的热限制,允许选择具有例如耐水性的染料。对于非常高的耐水性(对于耐洗纺织品所需要的)可采用活性染料。

非常好的色域

使用高色彩纯度的透明染料的色域较胶印和卤化银照相的色域大很多。由于来自所使用的颜料的光散射,因此胶印的色域特别受限制。对于三色(CMY)或四色系统(CMYK),所需必须被限制在色彩顶点之间的四面体体积内。因此,相当重要的是,青色,品红和黄色染料应尽可能象光谱一样纯。使用 6 色(CMYRGB)模式,可以获得稍宽的“六角锥”色域。这种六色打印头可以经济地制造,因为其需要的芯片宽度仅为 1mm。

颜色扩散的消除

如果不同的原色被打印,同时在先的颜色是湿的,就会发生颜色之间的墨水扩散。而在 1600 dpi 的分辨率下,由于墨水扩散而导致的图像模糊非常严重,墨水扩散可以使图像中间调变得“混浊”。通过使用微滴乳状液,可以消除墨水扩散,这对于 IJ46 打印头非常适合。微滴乳状液

的使用还可以帮助防止喷嘴堵塞，并保证墨水的长期稳定。

高喷嘴数量

在单片 CMY 三色照片打印头中，IJ46 打印头具有 19200 个喷嘴。这与其它打印头相比是较多的，而其与以大批量常规集成在 CMOS VLSI 芯片上的装置的数量相比较小。其还小于利用类似于 CMOS 和 MEMS 工艺制造的，Texas Instruments 集成在其数字微镜装置（DMD）中的可移动镜的数量 3%。

每 A4 页面宽度打印头 51200 个喷嘴

用于页面宽度 A4/US 字符打印的四色（CMYK）IJ46 打印头应用两个芯片。每个 0.66cm^2 的芯片具有 25600 个喷嘴，总共 51200 个喷嘴。

驱动电路的集成

在具有 51200 个喷嘴之多的喷嘴的打印头中，将数据分配电路（移位寄存器），数据定时，和驱动晶体管与喷嘴集成在一起是非常关键的。否则，需要最少 51201 个外部接点。这是压电式喷墨打印中的一个严重问题，因为驱动电路不能被集成在压电基底上。在 CMOS VLSI 芯片中集成数百万个接点是普通的，其可以以高产量批量生产。其是离开芯片的连接，且必须被限制。

单片制造

IJ46 打印头由单片 CMOS 芯片制造，因此不需要精密组装。所有的制造使用标准的 CMOS VLSI 和 MEMS（微电子机械系统）工艺和材料。在热喷墨打印和某些压电喷墨系统中，喷嘴板与打印头芯片的组装是产量较低，分辨率受限制和尺寸受限制的一个主要问题。而且，页宽阵列通常由多片较小的芯片构成。这些芯片的组装和对准是一个昂贵的工艺。

模块化，可扩展为更宽的打印宽度

长页宽打印头可以通过将两个或多个 100mm IJ46 打印头对接在一起而获得。IJ46 打印头芯片的边缘被设计成与相邻芯片自动对准。一个打印头提供照片尺寸打印机，两个则提供 A4 打印机，而四个则提供 A3

打印机。更大数量可被用于高速数字打印，页宽格式打印和织物印花。

双面操作

在全打印速度下进行双面打印是非常现实的。简单的方法是提供两个打印头，它们分别位于纸张的两侧。提供两个打印头的成本和复杂度低于将纸张翻转的机械系统。

直线的纸路

由于不需要鼓，因此可以使用直线纸路来减小塞纸的可能性。该问题特别常见于办公室双面打印机，其中需要将页面翻转的复杂机构是塞纸的主要原因。

高效率

热喷墨打印头近有约 0.01 % 效率(电能输入与墨滴动能和增加的表面能量相比)。IJ46 打印头的效率大于上述效率的 20 倍。

自冷却操作

需要用来喷射每个墨滴的能量为 160 nJ(0.16 微焦)，其是热喷墨打印机所需能量的一小部分。低能量允许打印头被喷射的墨水完全冷却，在最坏的情况下墨水温度仅升高 40°C。且不需要散热。

低压力

在 IJ46 打印头中产生的最大压力约为 60 kPa (0.6 大气压)。在热喷墨核气泡打印系统中，由气泡成核和破裂所产生的压力典型的是超过 10 Mpa (100 个大气压)，其是最大 IJ46 打印头压力的 160 倍。气泡喷墨和热喷墨设计中的高压导致高机械应力。

低功率

当打印 3 色的全黑时，30ppmA4 IJ46 打印头需要约 67 瓦的功率。当打印 5% 覆盖面时，平均功耗仅为 3.4 瓦。

低电压工作

IJ46 打印头由单独 3V 供电操作，与典型的驱动 ASIC 相同。典型的热喷墨要求至少 20V，而压电喷墨通常要求多于 50V。IJ46 打印头致动

器被设计成在 2.8 瓦下标称工作，允许在驱动晶体管上 0.2 伏的电压降，一实现 3V 的芯片工作。

由 2 和 4 个 AA 电池操作

功耗足够低，从而照片 IJ46 打印头可以由 AA 电池操作。典型的打印 6"x 4" 照片需要小于 20 焦耳（包括驱动晶体管的损失）。如果照片需要在 2 秒内打印，则推荐使用 4 个 AA 电池。如果打印时间增加到 4 秒，则可以使用 2 个 AA 电池。

电池电压补偿

IJ46 打印头可以由未稳压的电池电源操作，以消除稳压器的效率损失。这就意味着，在电源电压的相当大的范围内，必须实现一致的性能。IJ46 打印头检测电源电压，并调节致动器的工作，以实现一致的电压降量。

小致动器和喷嘴面积

IJ46 打印头喷嘴，致动器，和驱动电路所需要的面积为 1764 Ltm。其小于压电喷墨打印机喷嘴所需面积的 1%，且小于气泡喷墨打印机喷嘴所需面积的约 5%。致动器面积直接影响打印头制造成本。

小的总打印头尺寸

小的总打印头尺寸

用于 A4，30ppm，1600dpi，四色打印头的整个打印头组件（包括供墨通道）为 210 mm x 12 mm x 7 mm。这样小的尺寸允许被装入笔记本电脑和微型打印机中。一照片打印机的尺寸为 106 mm x 7 mm x 7 mm，允许被包含在便携式数码相机，掌上电脑，移动电话/Tax，等装置中。供墨通道占据了大多体积。打印头芯片本身仅需 102 mm x 0.55 mm x 0.3 mm。

微型喷嘴盖系统

一种用于 IJ46 喷墨头的微型喷嘴盖系统已经被设计出来。对于照片打印机，该喷嘴盖系统仅为 106 mm x 5 mm x 4 mm，且不需要打印头移

动。

高产量

IJ46 打印头的目标产量（在成熟的条件下）为至少 80%，其首先是具有 0.55 cm^2 面积的数字 CMOS 芯片。大多数现代 CMOS 工艺实现高产量，芯片面积超过 1cm^2 。对于小于约 1cm^2 的芯片来说，成本与芯片面积近似地成比例。在 1cm^2 和 4cm^2 之间，成本迅速增加。大于上述面积的芯片是非常不实际的。非常希望保证芯片面积小于 1cm^2 。对于热喷墨和气泡打印头来说，芯片宽度典型的是 5mm，限定成本效率芯片长度到约 2mm。IJ46 打印头的主要目标是尽可能减小芯片宽度，允许成本有效的单片页宽打印头。

低操作复杂性

由于数字 IC 制造，因此装置的掩模复杂性对于制造成本或难度影响很小或没有影响。成本与工艺步骤的数量成比例，并与光刻的临界尺寸成比例。IJ46 打印头使用标准的 0.5 微米单、重、三金属 CMOS 制造工艺，另外 5 MEMS 掩模步骤。这就使制造工艺较典型的具有 5 层级金属的，0.25 微米 CMOS 逻辑工艺的复杂度低。

简单测试

IJ46 打印头包括测试电路，其允许多数测试在晶片检测阶段完成。在该阶段可以完成所有的电学特性检测，包括对致动器电阻的检测。然而，致动器的动作仅能在从牺牲性材料上释放之后被检测，因此最终的检测必须在包装的芯片上执行。

低成本包装

IJ46 打印头被包装在注模聚碳酸酯包装内。所有的连接使用带自动接合 (TAB) 技术完成（单还可以选择使用引线接合法）。所有的连接均沿着芯片的一个边缘。

无阿尔法粒子敏感性

在包装中不需考虑阿尔法粒子辐射，因为除了静态存储器之外，没

有存储器元件，由于阿尔法粒子轨迹而导致的状态变化可能导致一个额外的点被打印（或不打印）在纸张上。

不严格的临界尺寸

IJ46 打印头 CMOS 驱动电路的临界尺寸 (CD) 为 0.5 微米。先进的数字 IC 例如当前使用的微处理器的 CD 为 0.25 微米，其是两个装置产生的，较 IJ46 打印头所要求的更先进。大多数 MEMS 后加工步骤的 CD 为 1 微米或更大。

在制造期间的低应力

与热喷墨装置和压电装置相同，在制造期间的装置破裂是一个关键性问题。这就限制了可以制造的打印头尺寸。在 IJ46 打印头的制造中所产生的应力较 CMOS 制造所产生的应力小。

无扫描条带

IJ46 打印头为整页宽度，因此不需扫描。这就消除了喷墨打印机中的一个非常重要的图像质量问题。由于其它原因（墨滴方向错误，打印头对准）而导致的条带通常是页宽打印头中的一个重要问题。这些条带产生的原因也被寻址。

“完美的”喷嘴对准

借助于对打印头进行光刻的 0.5 微米步进电机，打印头中的所有喷嘴均以半微米的精度对准。形成 A4 页宽打印头的两个 4" 打印头的喷嘴对准，借助打印头芯片上的机械对准特性来实现。这就能够在 1 微秒内进行自动机械对准（通过简单地将两个打印头推到一起）。如果在专门的应用中需要更好的对准，则 4" 打印头可以被光学对准。

无卫星墨滴

非常小的墨滴尺寸(1 pl)和适度的墨滴速度(3 m/s)消除了卫星墨滴，这种卫星墨滴是产生图像质量问题的一个主要原因。在约 4m/s 的速度下，形成墨滴，但其跟上主墨滴。在超过约 4.5 m/s 的速度下，形成的卫星墨滴相对于主墨滴有多个速度。一个特别的考虑是，卫星墨滴相对于

打印头具有一负速度，因此通常沉积在打印头表面上。当使用高墨滴速度（约 10 m/s）时，避免上述问题较困难。

分层气流

为了实现在打印介质上良好墨滴定位，低墨滴速度需要没有旋涡的分层气流。这通过打印头包装的设计来实现。对于使用“普通纸张”的情况，且对于打印在其它“粗糙”表面上的情况，需要较高的墨滴速度。应用设计尺寸的变化，可实现的墨滴速度达到 15 m/s。能够在相同晶片上制造具有 4 m/s 墨滴速度的 3 色照片打印头，和 15 m/s 墨滴速度的 4 色普通纸打印头。这是因为它们均使用相同的工艺参数来制造。

无方向错误的墨滴

通过围绕喷嘴设置一薄边缘，方向错误的墨滴被消除，这就防止了墨滴在打印头表面上疏水涂层被暴露的区域中的散播。

无热干扰

在气泡喷墨或其它热喷墨系统中，当相邻的致动器被激励时，热量从一个致动器扩散到其它致动器上，并影响它们的喷射特性。在 IJ46 打印头中，从一个致动器到其它致动器的热传导同等地影响加热器层和弯曲消除层，因此在叶片位置上没有影响。这就实际上消除了热干扰。

无流体干扰

每个同时喷射地喷嘴位于 300 微米长的穿过（薄化）晶片蚀刻的墨水入口的末端。这些墨水入口被连接到具有较低流体阻力的大墨水通道上。这种结构实际消除了从一个喷嘴的墨滴喷射对其它喷嘴的影响。

无结构性干扰

该问题是压电打印头中的一个常见问题。其不会发生在 IJ46 打印头中。

耐久的打印头

IJ46 打印头可以被耐久地安装。这就显著地降低了耗材的生产成本，因为耗材不需要包括一打印头。

无公害

对于气泡喷墨和其它热喷墨打印头而言，公害（燃烧墨水的残渣，溶剂和杂质）是一个重要问题。IJ46 打印头没有这种问题，因为墨水不是被直接加热。

无气蚀现象

由于气泡的猛烈破裂而导致的腐蚀是气泡喷墨和其它热喷墨打印头寿命缩短的另一个问题。IJ46 打印头没有这个问题，因为不形成气泡。

无电迁移

在 IJ46 打印头致动器或喷嘴中不使用金属，完全是陶瓷的。因此，在实际喷墨装置中不会有电迁移的问题。CMOS 金属化层被设计以承载所需电流，而不发生电迁移。这是易于实现的，因为考虑到电流是从加热器驱动电源产生的，而非高速 CMOS 转换。

可靠的电源连接

由于 IJ46 打印头的能耗小于热喷墨打印头 50 倍，且由于高打印速度和低电压导致相当高的电流消耗。最坏的情况下，对于由 3 伏电源供电的照片 IJ46 打印头在 2 秒中的打印，电流消耗为 4.9Amps。所述供电经由铜母线为沿着芯片边缘的 256 个接合垫供电。每个接合垫挟带最大 40mA。芯片上的与驱动晶体管连接的触点和通道 1.3 微秒挟带 1.5 mA 的峰值电流，且最大平均值为 12 mA

无腐蚀

喷嘴和致动器整个由玻璃和氮化钛(TiN)形成，一种导电陶瓷通常用作 CMOS 装置中的金属化隔离层。两种材料均具有较高的抗腐蚀性。

无电解

墨水不与任何电势相接触，因此没有电解。

无疲劳

所有的致动器运动均在弹性限度之内，且所使用的采用均为陶瓷，因此无疲劳。

无摩擦

没有相互接触的运动表面，因此无摩擦。

无静摩擦

IJ46 打印头被设计成消除静摩擦，所述静摩擦是许多 MEMS 装置中的常见问题。静摩擦是一个将“粘附”和“摩擦”结合在一起的词汇，由于相互剥落的力，其在 MEMS 中特别显著。在 IJ46 打印头中，叶片被悬吊在基底的一个孔之上，消除了叶片与基底之间的静摩擦，否则所述静摩擦将发生。

无裂纹扩展

施加到材料上的应力小于导致具有典型的 TiN 和玻璃层的表面粗糙度的裂纹扩展的应力的 1%。拐角被磨圆，从而使应力“热点”最小化。玻璃也总是处于压缩应力之下，其抵抗裂纹扩展较抵抗张应力强许多。

不需要电极性还原

在被形成在打印头结构中之后，压电材料必须被极性还原。这种还原需要非常高的电场强度—约 20000V/cm。所要求的高压强压电打印头的尺寸限制到约 5cm，需要 100000 伏来极性还原。而 IJ46 打印头不需要极性还原。

无修正扩散

修正扩散（由于周期压力变化而导致的气泡的形成）是困扰压电式喷墨打印的主要问题。IJ46 打印头被设计成防止修正扩散，因为墨水压力不会低于零。

消除锯齿形凹槽 (Saw Street)

晶片上芯片之间的锯齿形凹槽典型为 200 微米。其将占据晶片面积的 26%。取而代之，使用等离子蚀刻，仅需要 4% 的晶片面积。这也消除了由于锯切而导致的破损。

使用标准步进电机进行光刻

虽然 IJ46 打印头有 100mm 长，但也使用标准步进电机（其典型的

是具有约 20mm 平方的成像区域)。这是因为，使用八个相同的曝光，打印头被“缝合”而成。“缝合线”之间的对准不是关键的，因为在缝合区域之间没有电连接。由每个步进电机曝光成像的每 32 个打印头的一段，给出了每次曝光“平均”四个打印头。

将彩色集成在一个单独芯片上

IJ46 打印头将所有所需要的颜色集成在一个单独芯片上。而页宽“edge shooter”喷墨打印技术不能实现。

墨水的多样性

IJ46 打印头不依赖于用于喷射墨滴的墨水特性。墨水可以基于水，微滴乳状液，油，各种酒精，MEK，热熔蜡，或其它溶剂。IJ46 打印头可以在较宽的粘度和表面张力范围内对墨水进行“调节”。这对于允许较宽范围的应用来说是一个关键因素。

没有旋涡的分层气流

打印头包装被设计成保证气流分层，且消除旋涡。这一点是重要的，因为由于较小墨滴尺寸，旋涡或湍流会降低图像质量。

墨滴重复率

照片 IJ46 打印头的标称墨滴重复率为 5 kHz，从而打印速度为每照片 2 秒。对于 30+ppm 的 A4 打印而言，A4 打印头的标称墨滴重复率为 10 kHz。最大墨滴重复率主要由喷嘴在填充率限制，当采用非受压墨水时，其由表面张力确定。使用正墨水压力(约 20 kPa)，墨滴重复率可以为 50 kHz。然而，对于低成本用户的应用来说，34 ppm 已足够。在速度非常高的情况下，例如商用打印机，多个打印头可以与快速纸张处理一起使用。对于低功率操作来说(例如使用 2 个 AA 电池供电)，墨滴重复率可以被降低以降低功率。

头一纸张速度低

照片 IJ46 打印头的标称头一纸张速度仅为 0.076 m/sec。对于 A4 打印头而言，所述速的仅为 0.16 m/sec，其约为典型的扫描喷墨打印头速

度的约三分之一。低速简化了打印机的设计，并提高了墨滴定位精度。然而，由于页面宽度打印头，该头一纸张速度对于 34ppm 打印已经足够。在需要的情况下，较高的速度易于获得。

不需要高速 CMOS

对于以 30ppm 进行操作的 A4/字符打印头而言，打印头移位寄存器的时钟速度仅为 14 MHz。对于照片打印机而言，时钟速度仅为 3.84 MHz。其低于 COMS 工艺所使用速度性能许多。这就简化了 CMOS 设计，并消除了当打印近白色图像时的功率消耗的问题。

全静态 CMOS 设计

移位寄存器和发送寄存器是全静态设计。与动态设计的约 13 个相比，一个静态设计每喷嘴需要 35 个晶体管。然而，静态设计有几个优点，包括较高的抗噪度，较低的静态功耗，和较大的加工公差。

宽功率晶体管

功率晶体管的宽长比为 688。这就允许 4 Ohm 的导通电阻，从而当由 3V 操作时，驱动晶体管消耗致动器功率的 6.7%。这种尺寸的晶体管与移位寄存器和其它逻辑器件一起装配在致动器之下。这种适当的驱动晶体管，与相联的数据分配电路一起，不消耗芯片面积，其不是致动器所需要的。

有几种方式借助晶体管来减小功耗的百分率：增加驱动电压，从而所需电流减小，将光刻减小到小于 0.5 微米，使用 BiCMOS 或其它高电流驱动技术，或者增加芯片面积，为不位于致动器之下的驱动晶体管流出空间。然而，本设计的 6.7% 的功耗被认为是最适宜的性能价格比。

应用范围

本发明所公开的喷墨打印技术适用于印刷系统的一个宽广的范围。

主要例子包括：

1. 彩色和单色办公室打印机
2. SOHO 打印机

3. 家用 PC 打印机
4. 网络连接彩色和单色打印机
5. 部门打印机
6. 照片打印机
7. 嵌入照相机中的打印机
8. 3G 移动电话中的打印机
9. 便携式和笔记本打印机
10. 宽版式打印机
11. 彩色和单色复印机
12. 彩色和单色传真机
13. 结合打印, 传真, 扫描, 和复印功能的多功能打印机
14. 数字商用打印机
15. 短版数字打印机
16. 包装打印机
17. 织物打印机
18. 短版数字打印机
19. 胶印补充印刷机
20. 低成本扫描打印机
21. 高速页宽打印机
22. 具有嵌入页宽打印机的笔记本电脑
23. 便携式彩色和单色打印机
24. 标签打印机
25. 票据打印机
26. 售货点发票打印机
27. 大规格 CAD 打印机
28. 照相洗印加工打印机
29. 影象打印机

30. 照片 CD 打印机
31. 壁纸印刷机
32. 层状物打印机
33. 室内标记打印机
34. 广告牌打印机
35. 视频游戏打印机
36. 照片“报摊”打印机
37. 名片打印机
38. 贺卡打印机
39. 书籍印刷机
40. 报纸印刷机
41. 杂志印刷机
42. 表格印刷机
43. 数字相簿打印机
44. 医用打印机
45. 汽车用打印机
46. 压敏型标签打印机
47. 彩色样张打印机
48. 容错商用打印机组

现有喷墨打印技术

在不久的将来，具有类似性能的打印头不太可能由已建立的喷墨打印制造商提供。这是因为两个主要竞争对手（热喷墨和压电式喷墨）在满足应用要求时，每个都遇到严重问题。

热喷墨打印的最重要的问题是功耗问题。其是这些应用所需功耗的约 100 倍，且是由于喷射墨滴的低能效装置引起的。其包括使水快速沸腾，以产生一气泡，该气泡将墨水排出。水具有非常高的热容量，且在进行热喷墨打印时必须被过热。高能耗限制了喷嘴的组装密度。

压电式喷墨打印的最重要的问题是尺寸和成本问题。压电晶体在合理驱动电压下产生非常小的偏转，因此每个喷嘴需要一较大面积。而且，每个压电致动器必须被连接到单独基底上的它的驱动电路。在每打印头约 300 个喷嘴的情况下，这不是一个显著问题，然而，在制造具有 19200 个喷嘴的页宽打印头时则是一个主要障碍。

IJ46 打印头和热喷墨打印 (TIJ) 机构的比较

| 因素 | TIJ 打印头 | IJ46 打印头 | 优点 |
|-------|-----------|----------|---------------------------|
| 分辨率 | 600 | 1600 | 全照片图像质量和高质量文本 |
| 打印机类型 | 扫描 | 页宽 | IJ46 打印头不扫描，从而打印更快且尺寸较小 |
| 打印速度 | < 1 ppm | 30 ppm | IJ46 打印头的页宽导致>30 倍的更快工作 |
| 喷嘴数量 | 300 | 51200 | 喷嘴>100 倍，从而打印速度更快 |
| 墨滴体积 | 20 微微升 | 1 微微升 | 纸上产生的水较少，打印品迅速干燥，无“褶皱” |
| 结构 | 多部分 | 单片 | IJ46 打印头不需要高精度装配 |
| 效率 | < 0. 1% | 2% | 效率增加 20 倍，从而以低功率工作 |
| 电源 | 电力网供电 | 电池 | 电池操作允许了便携式打印机，例如，在照相机和电话中 |
| 峰值压力 | > 100 atm | 0. 6 atm | 热喷墨打印机中的高压导致重大问题 |
| 墨水温度 | +300°C | +50°C | 高墨水温度产生绕过的染料沉积（公害） |
| 气蚀 | 问题 | 无 | 气蚀（由于气泡破裂导致的腐蚀）限制了头的寿命 |
| 头寿命 | 有限 | 持久 | 由于气蚀和公害，TIJ 打印头可更换 |
| 工作电压 | 20V | 3V | 允许由小电池操作，对于便携式和袖珍打印机是重要的 |

| | | | |
|---------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 每滴能量 | 10 μ J | 160 μ J | < 1/50 的墨滴喷射能量，允许电池操作 |
| 每喷嘴芯片面积 | 40,000 μm^2 | 1,764 μm^2 | 小尺寸允许以低成本制造 |

本领域普通技术人员可以理解，在不背离如上文广泛描述的本发明的精神或领域的情况下，对本发明的所述特定实施例可以进行多种变化和/或改变。因此，本发明的所有方面均是举例说明的，且不是限定性的。

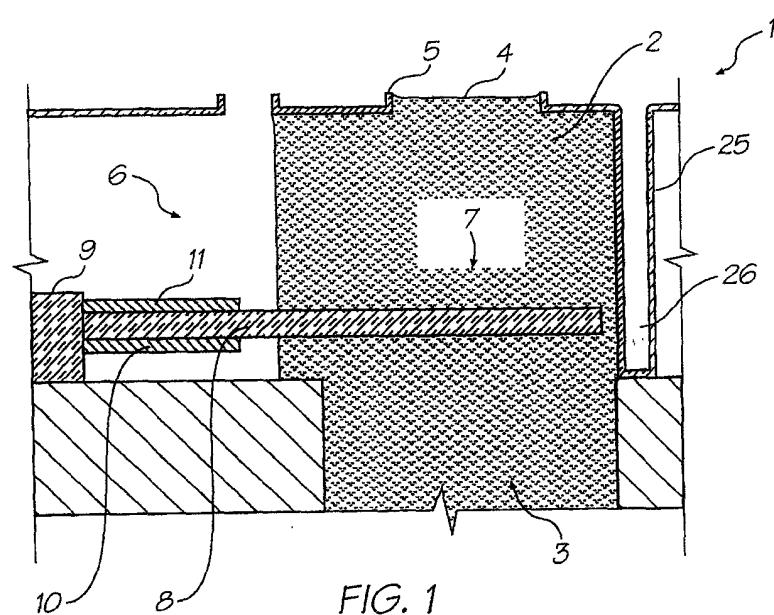


FIG. 1

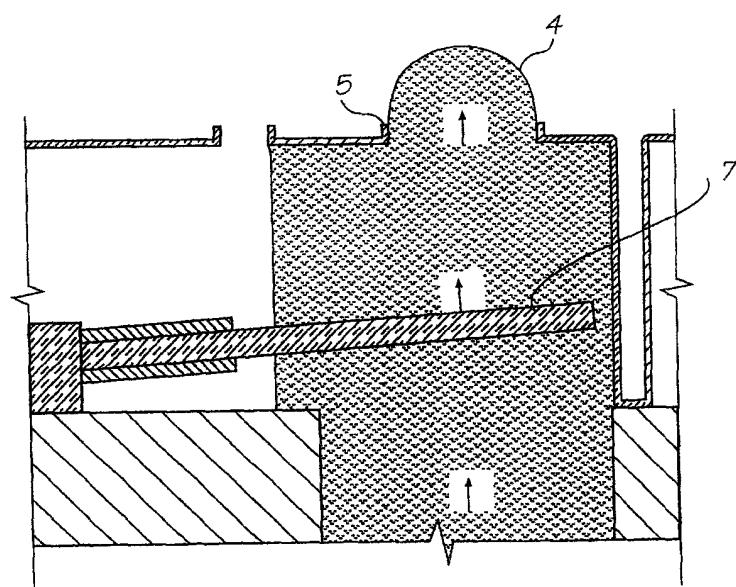


FIG. 2

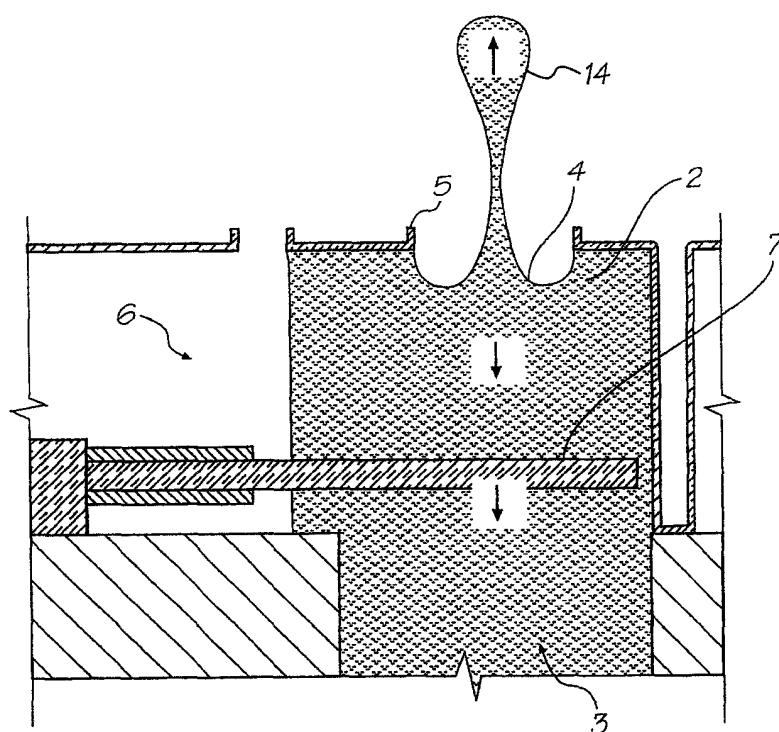


FIG. 3

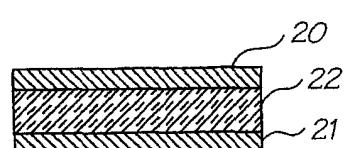


FIG. 4

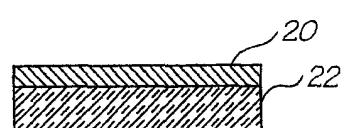


FIG. 5

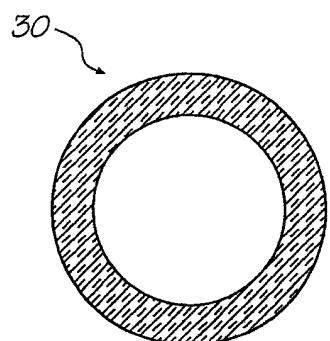


FIG. 6

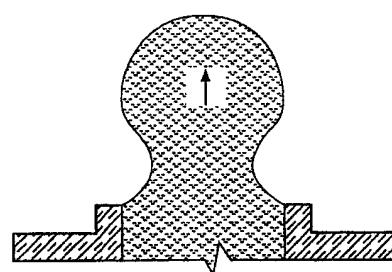


FIG. 7

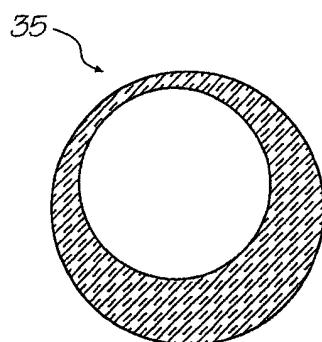


FIG. 8

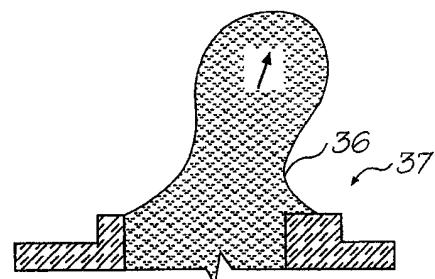


FIG. 9

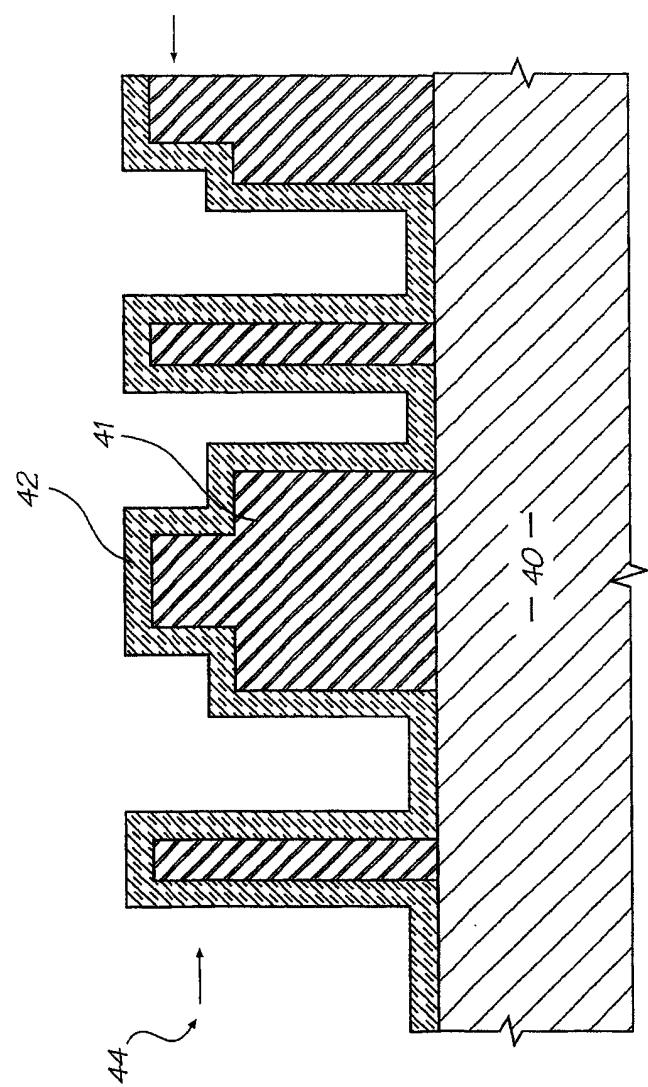


FIG. 10

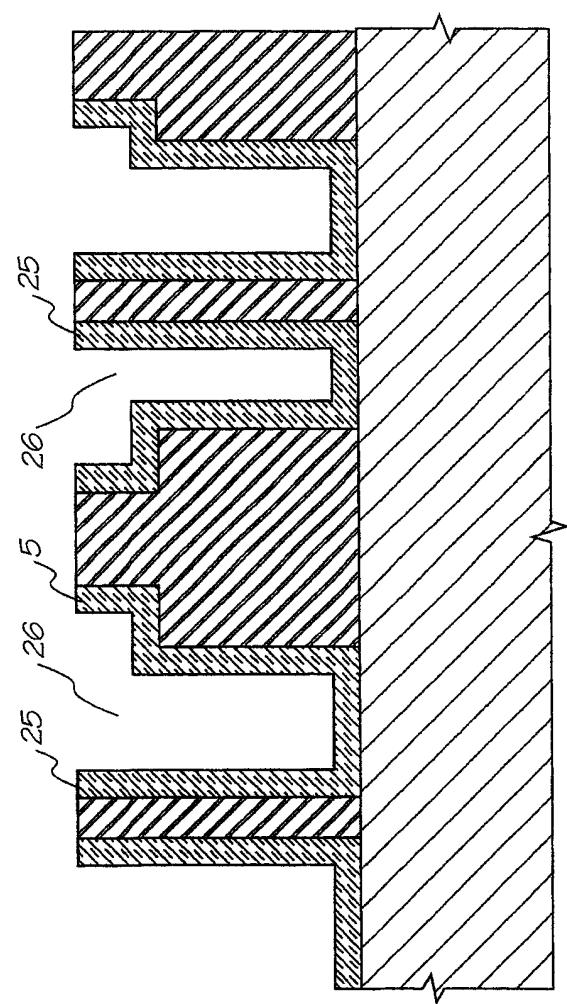


FIG. 11

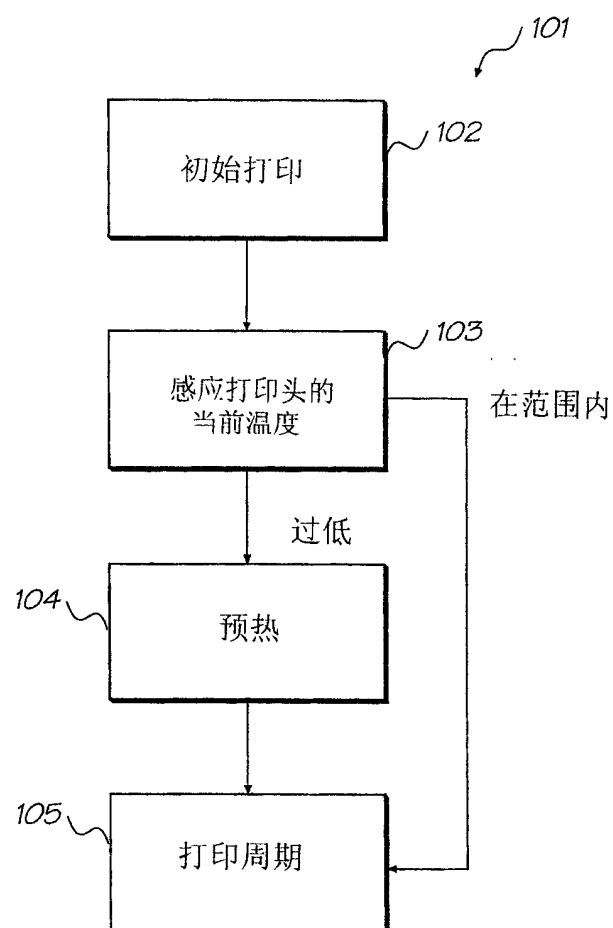


FIG. 12

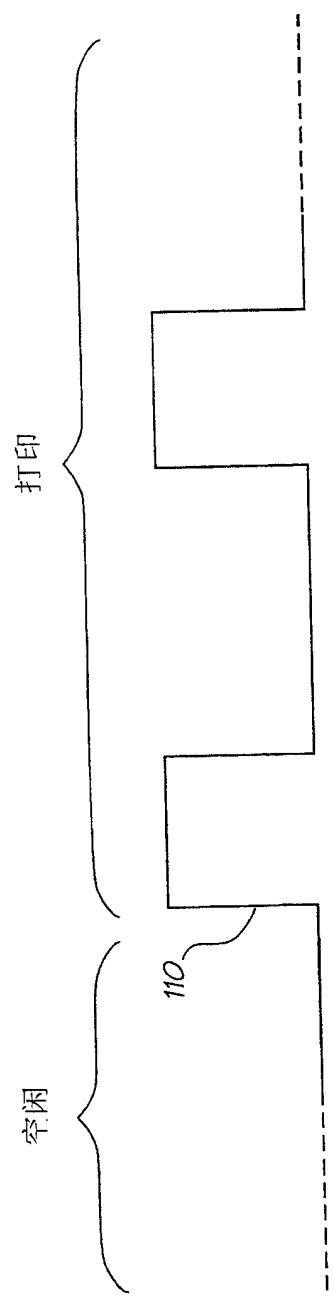
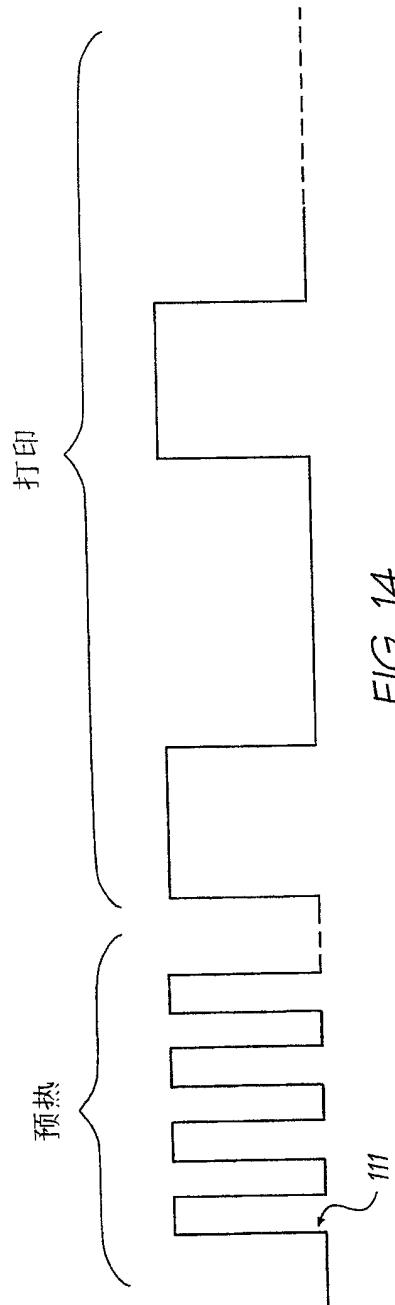


FIG. 13



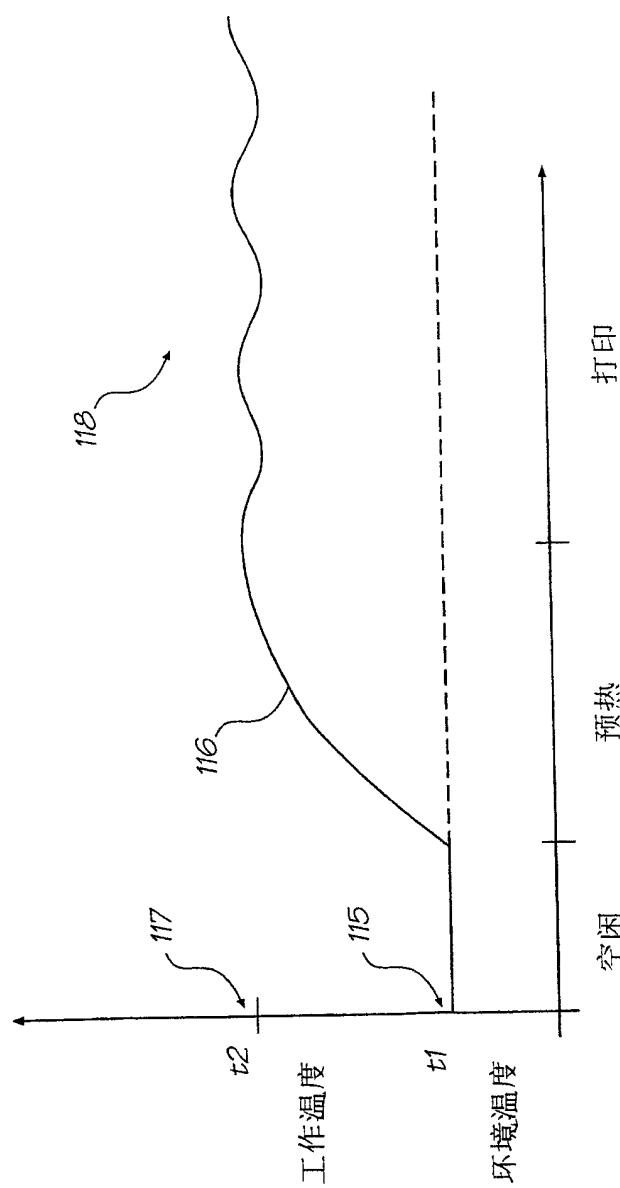


FIG. 15

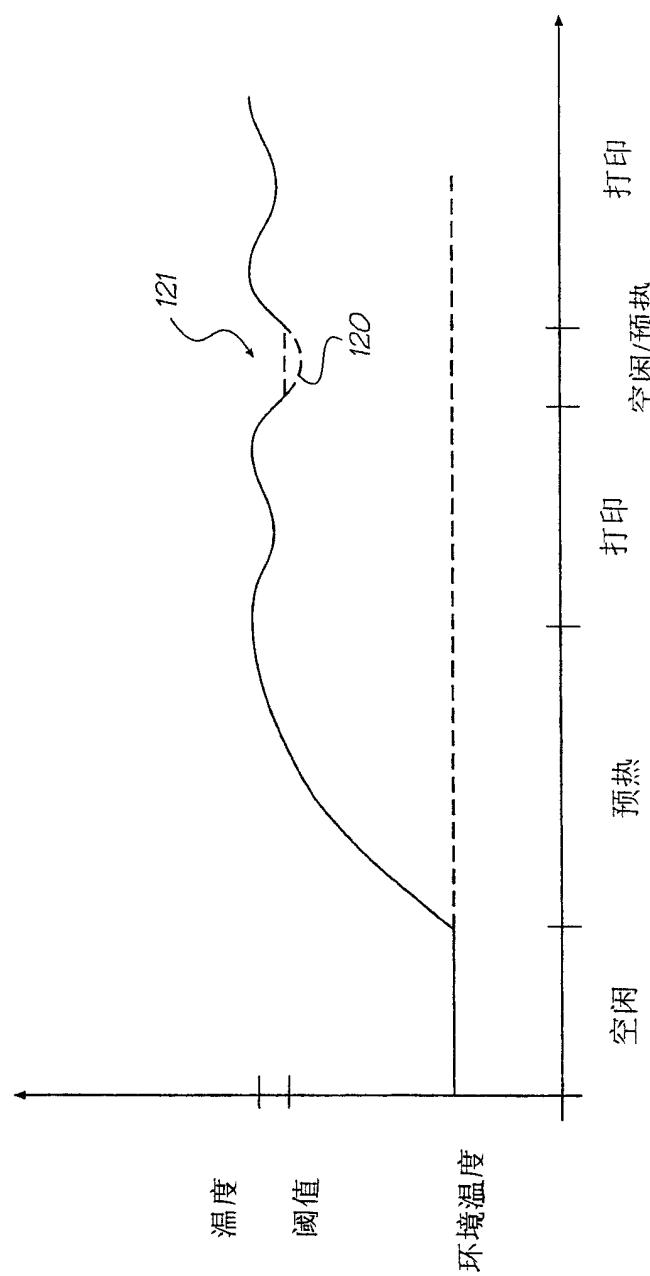


FIG. 16

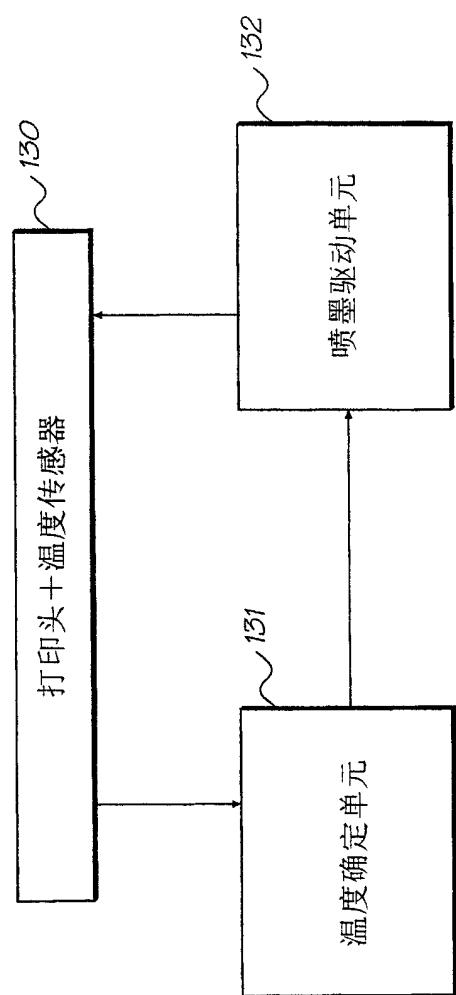


FIG. 17

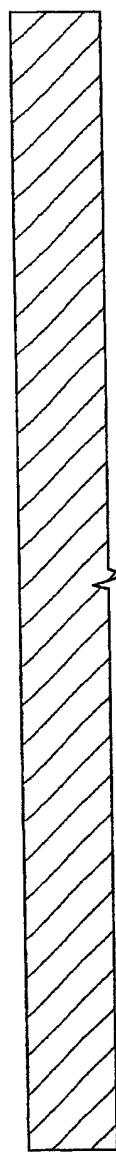


FIG. 18

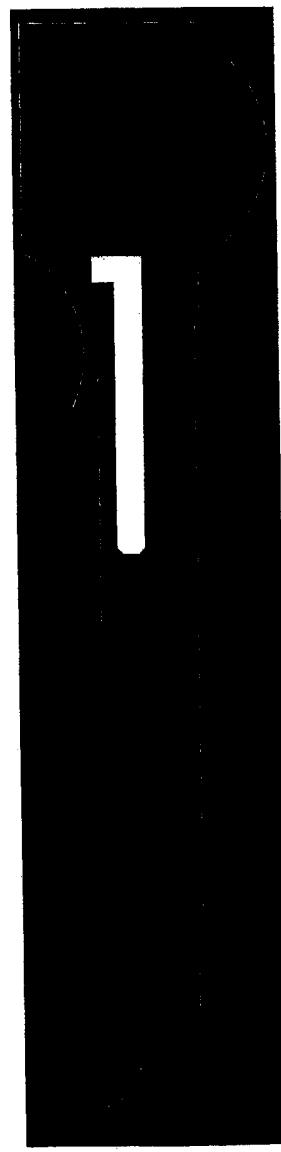


FIG. 19

N穴掩模

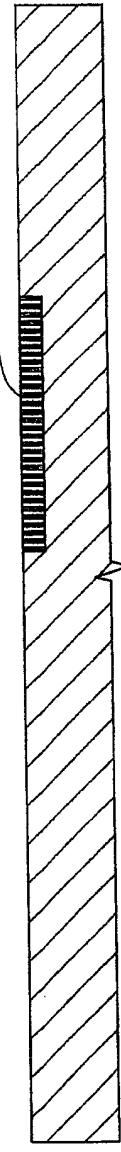


FIG. 20

埋入N穴

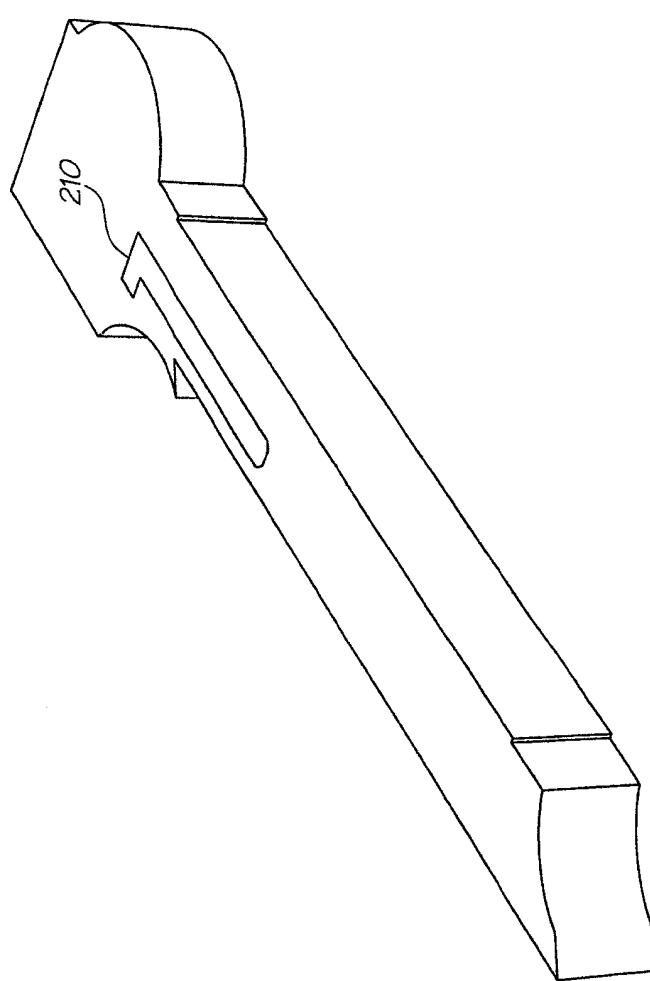
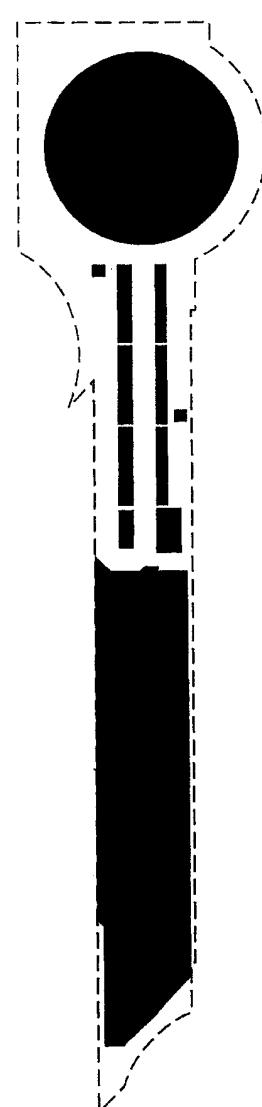
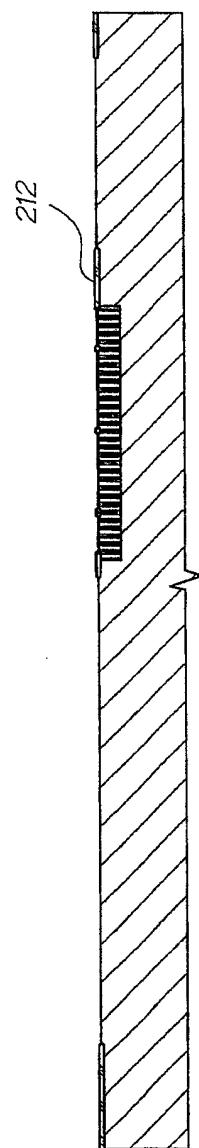


FIG. 21



活动掩模

FIG. 22



生长场氧化物

FIG. 23

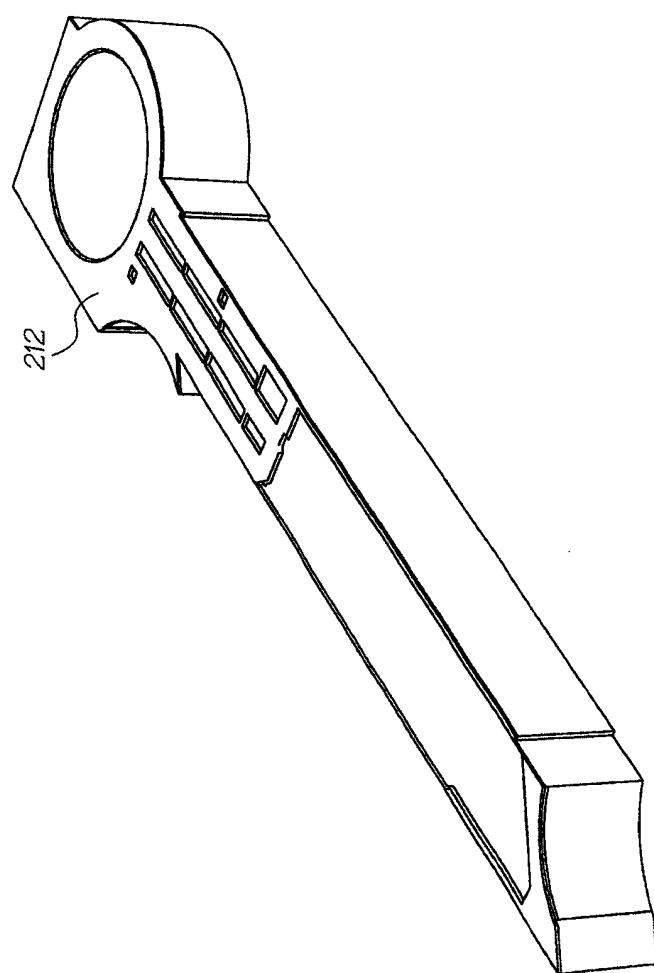


FIG. 24

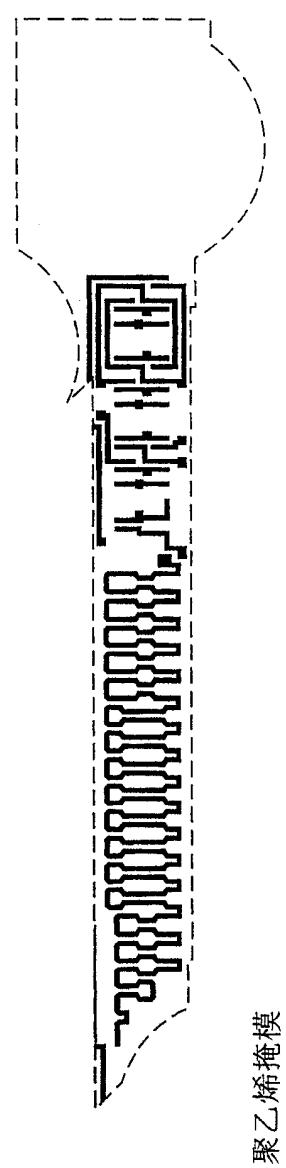


FIG. 25

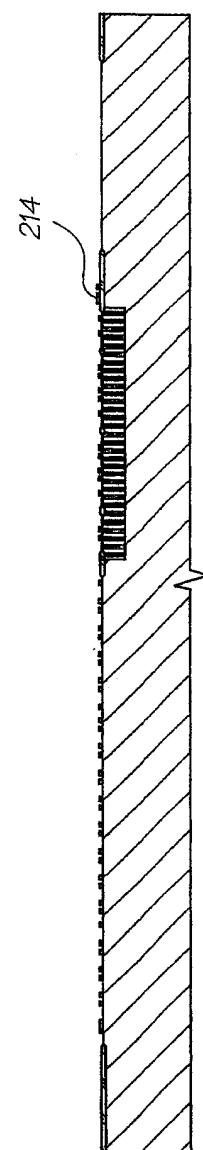


FIG. 26

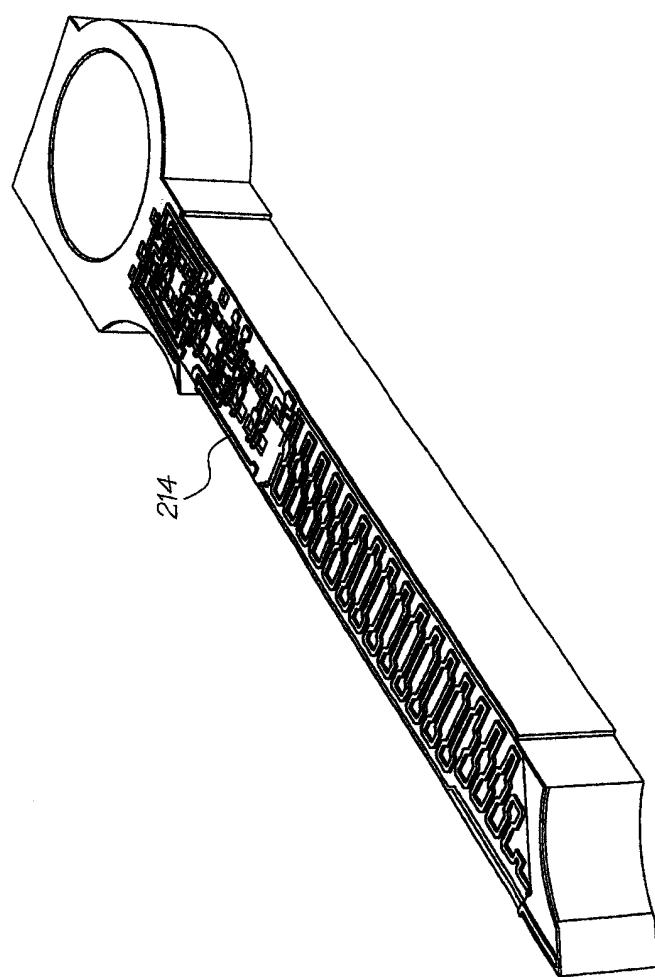
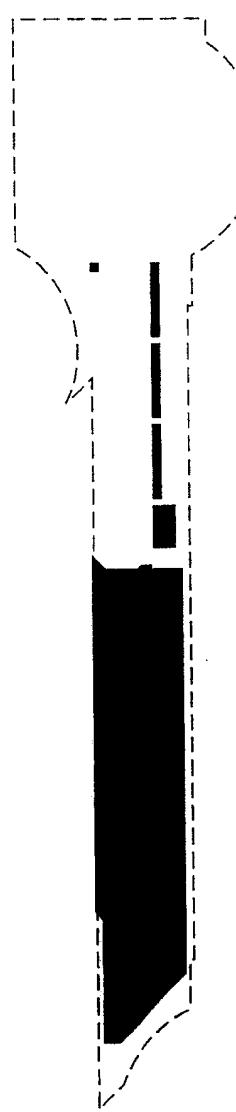
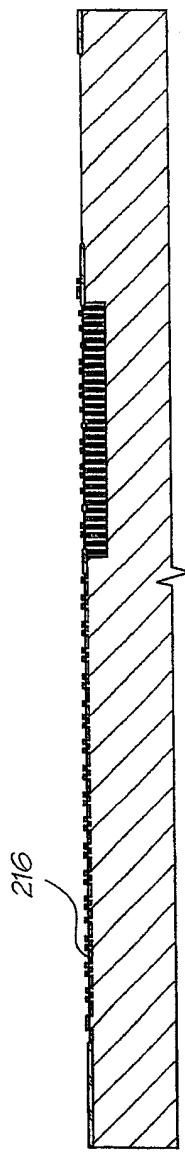


FIG. 27



n+掩模

FIG. 28



n+埋入

FIG. 29

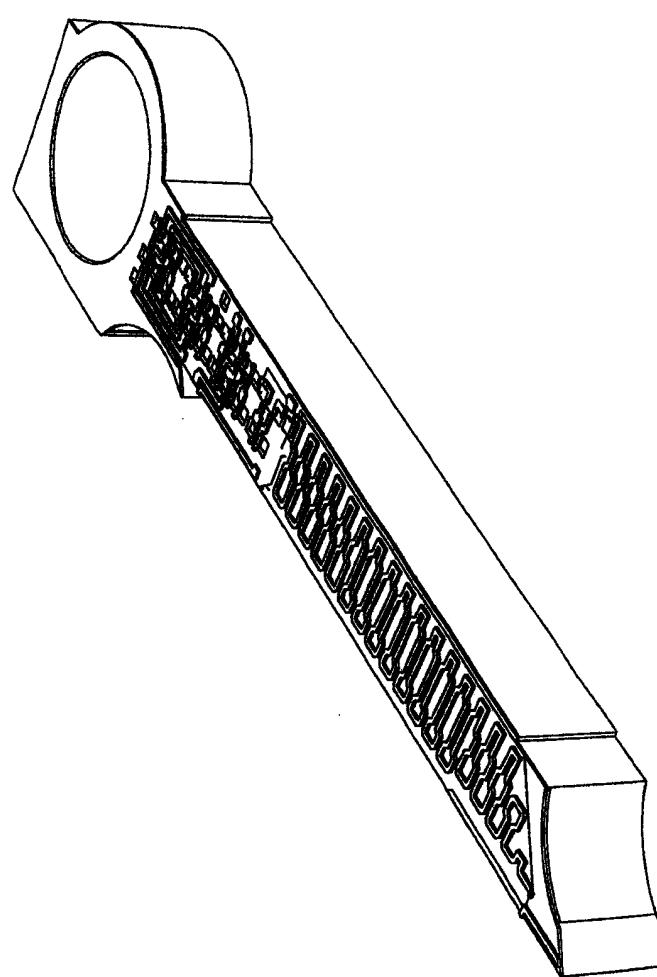


FIG. 30

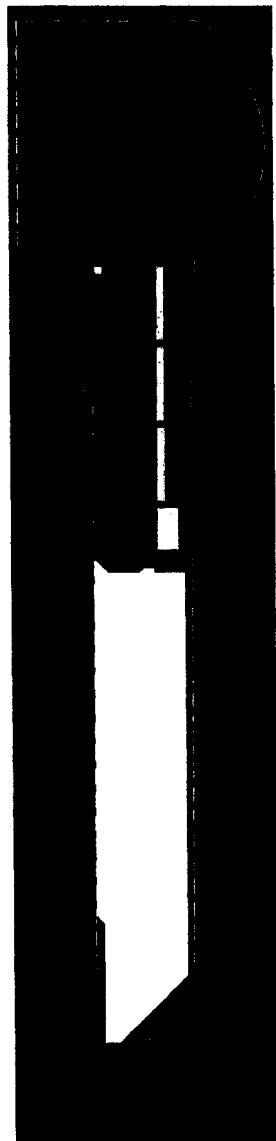


FIG. 31
p+掩模

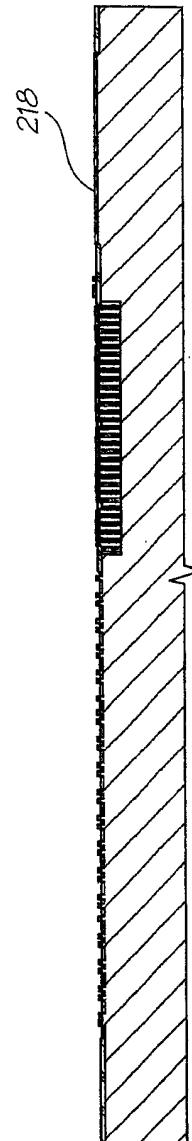


FIG. 32
p+埋入

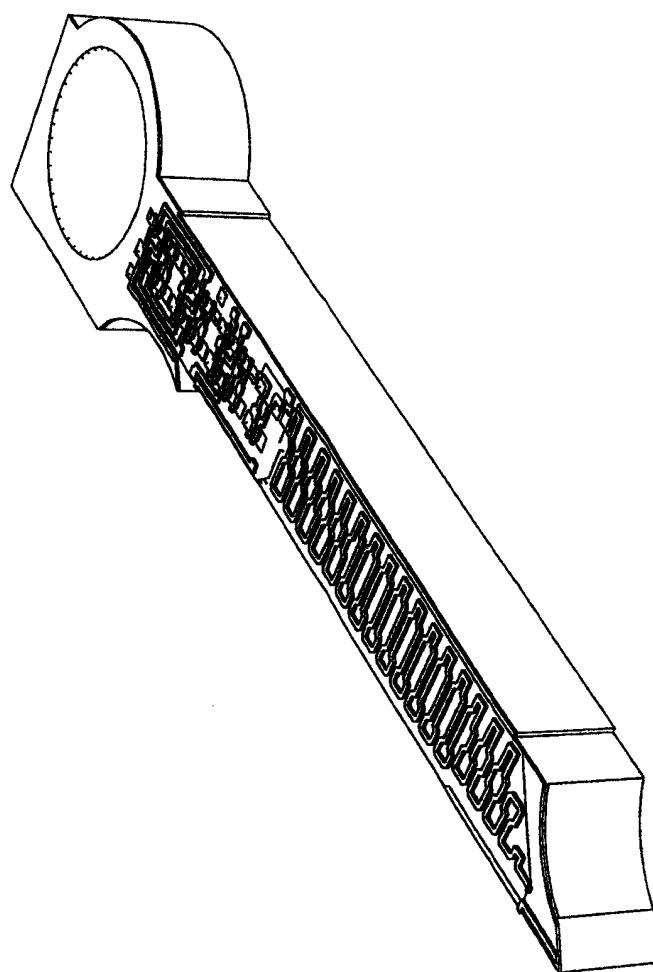
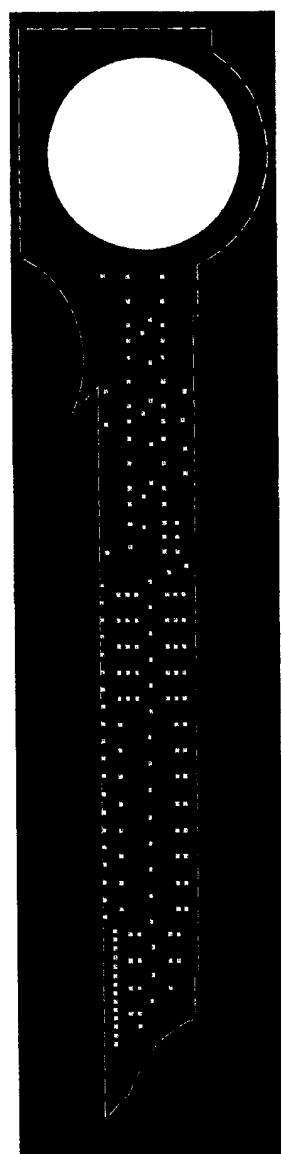
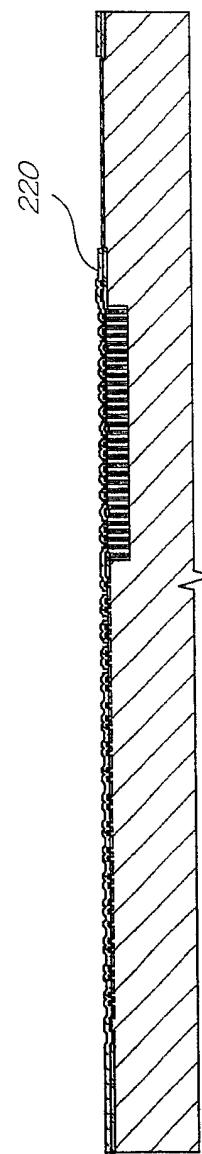


FIG. 33



接点掩模

FIG. 34



沉积 ILD1, 蚀刻接点

FIG. 35

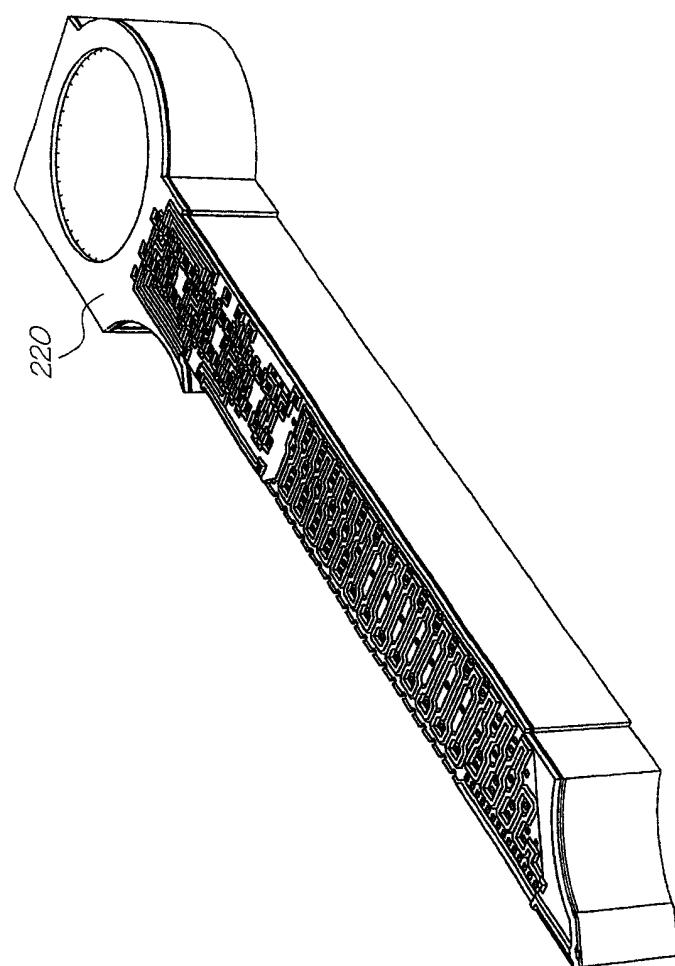
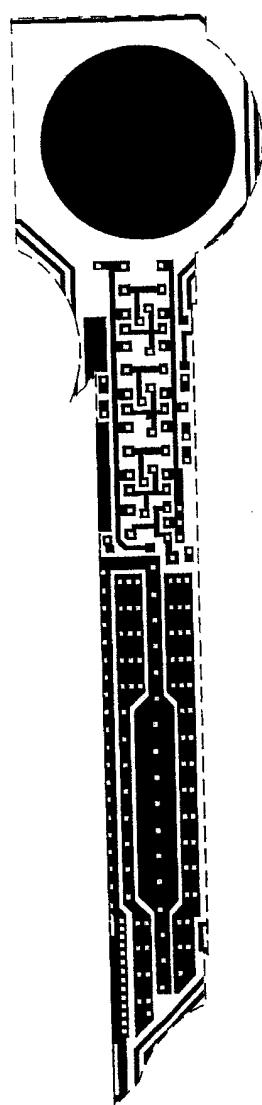
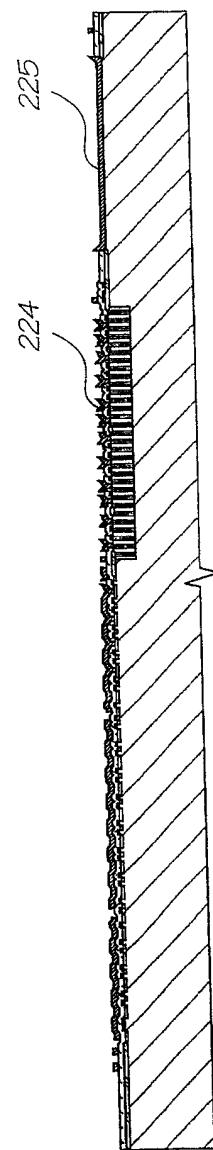


FIG. 36



金属 1 掩模
FIG. 37



沉积金属 1
FIG. 38

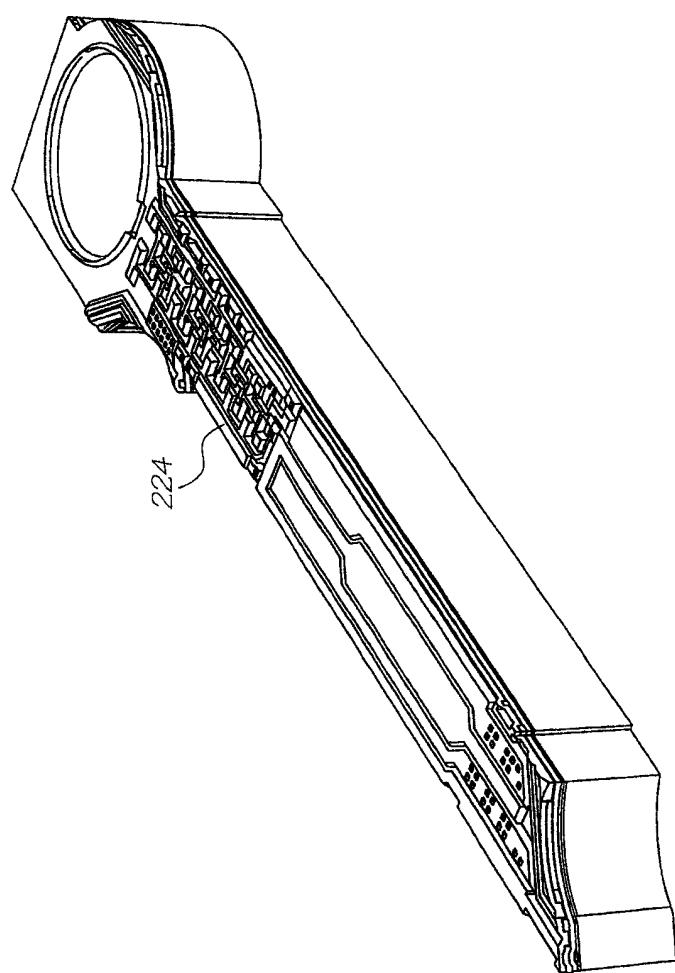
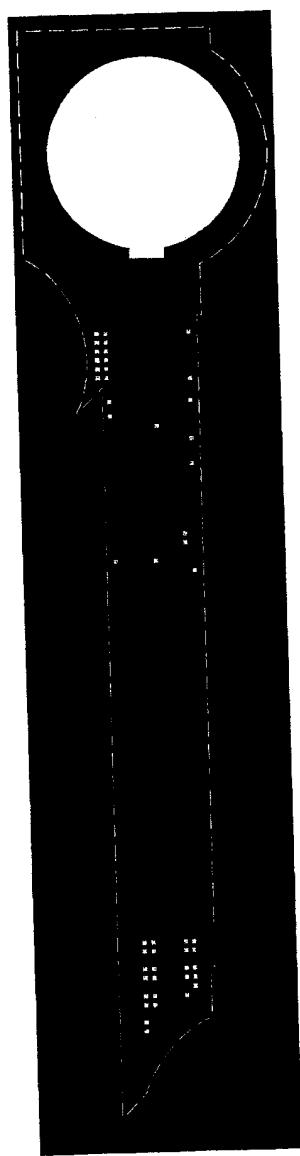
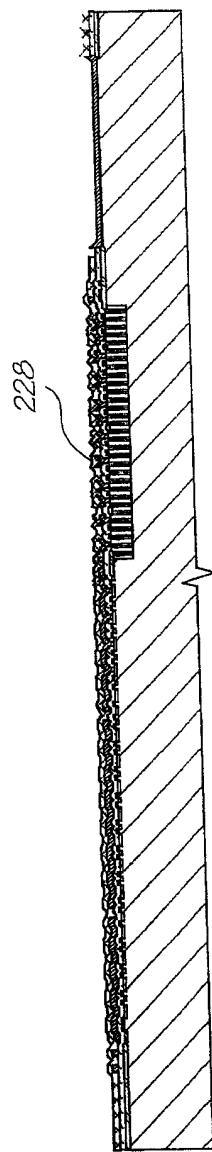


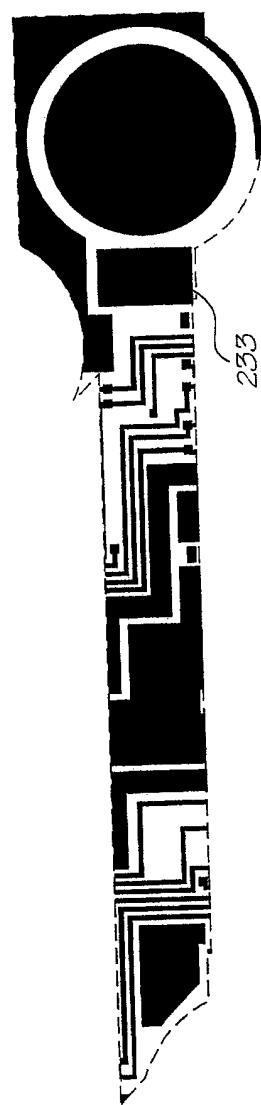
FIG. 39



通道1 掩模
FIG. 40

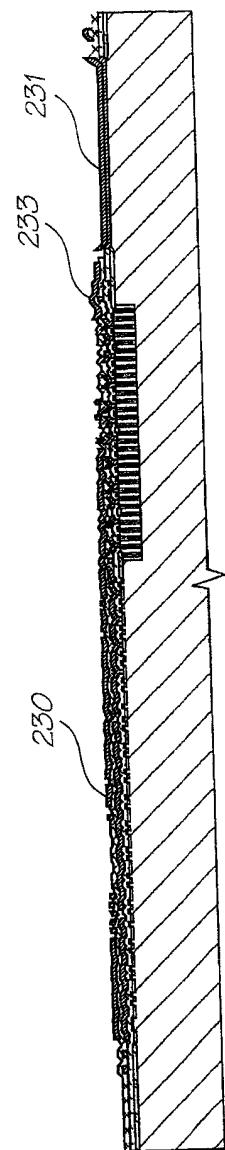


沉积 ILD2, 蚀刻通道
FIG. 41



金属 2 掩模

FIG. 42



沉积金属 2

FIG. 43

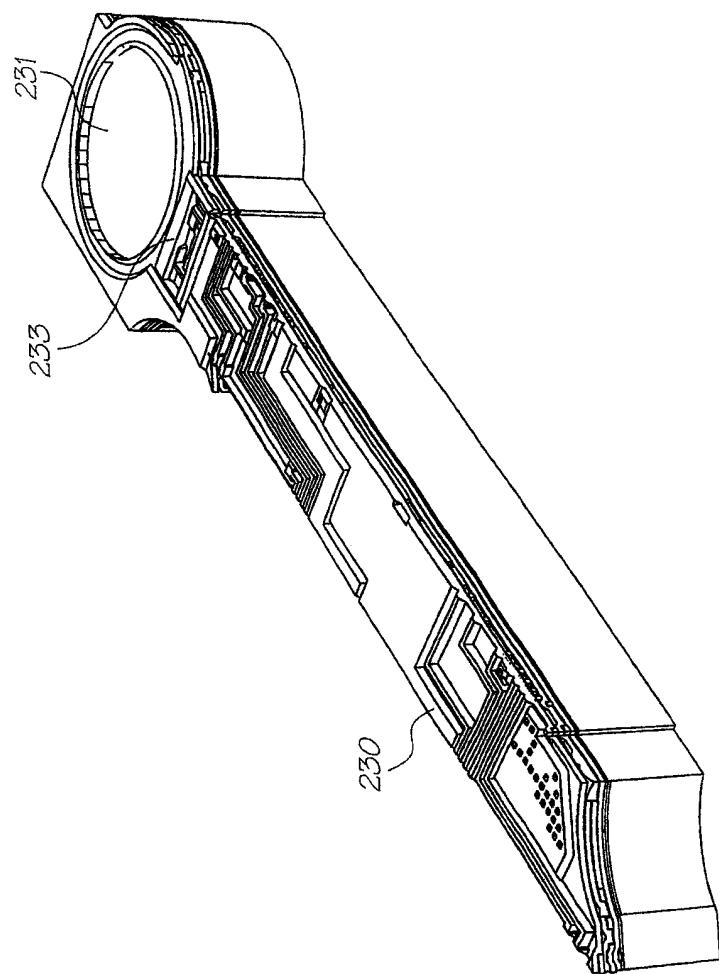
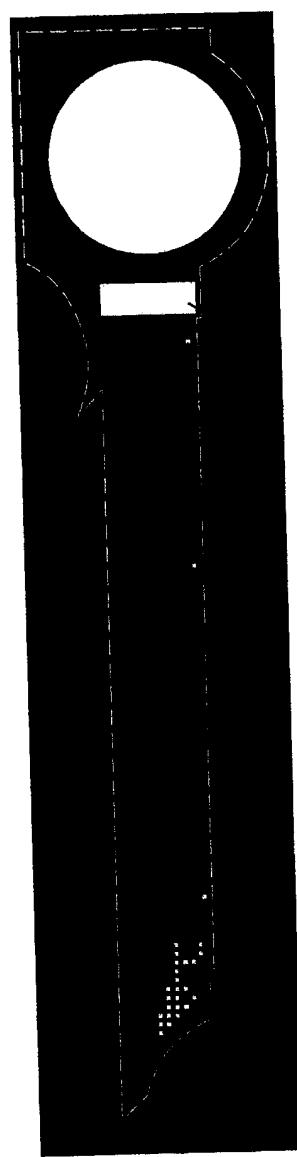
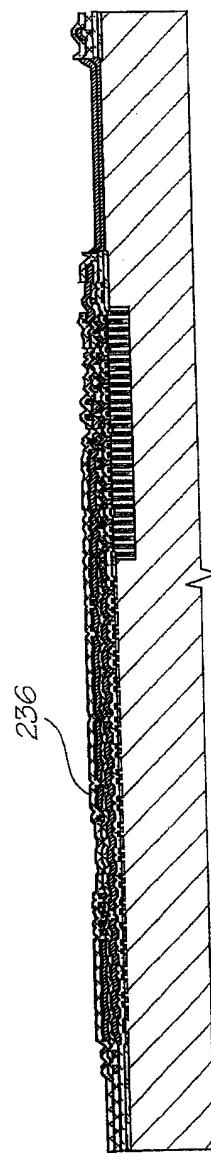


FIG. 44



通道2掩模

FIG. 45



沉积ILD3，蚀刻通道

FIG. 46

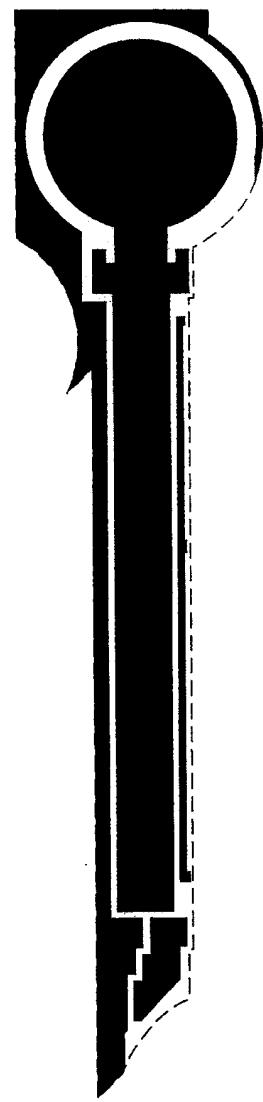


FIG. 47

金属3掩模

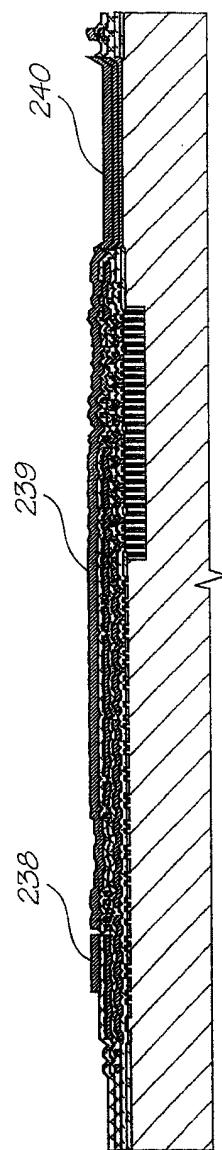
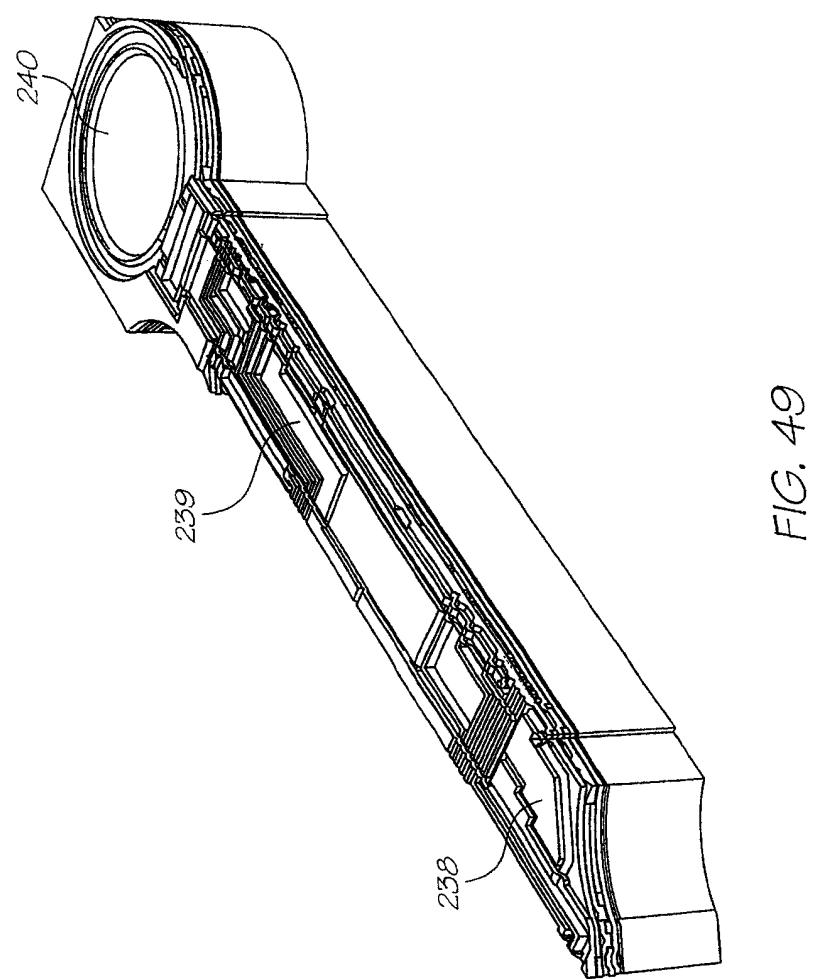
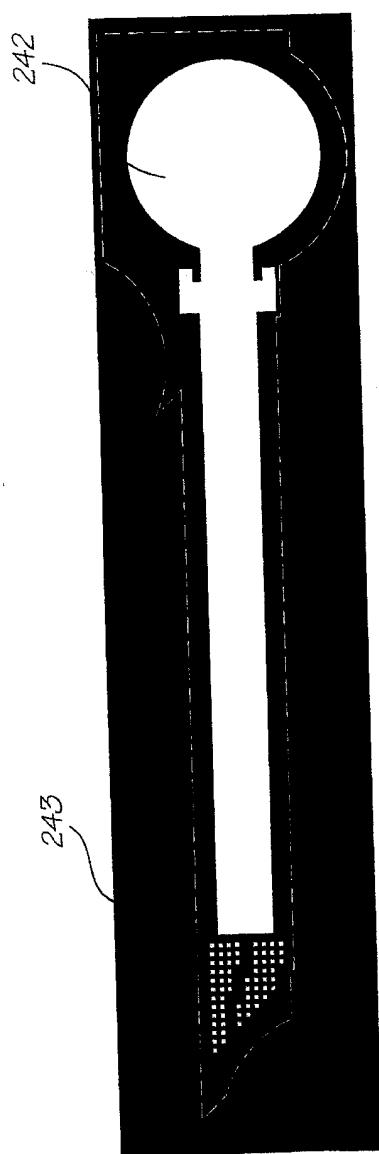


FIG. 48

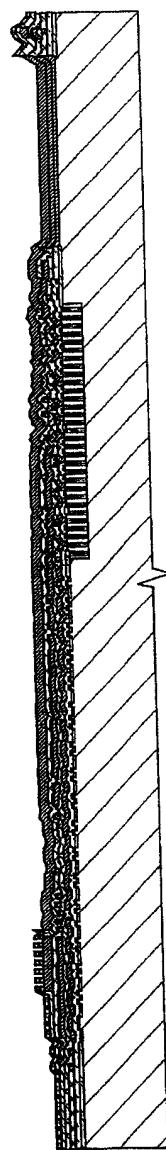
沉积金属3





通道 3/钝化层掩模

FIG. 50



沉积钝化氧化物和氮化物，蚀刻通道

FIG. 51

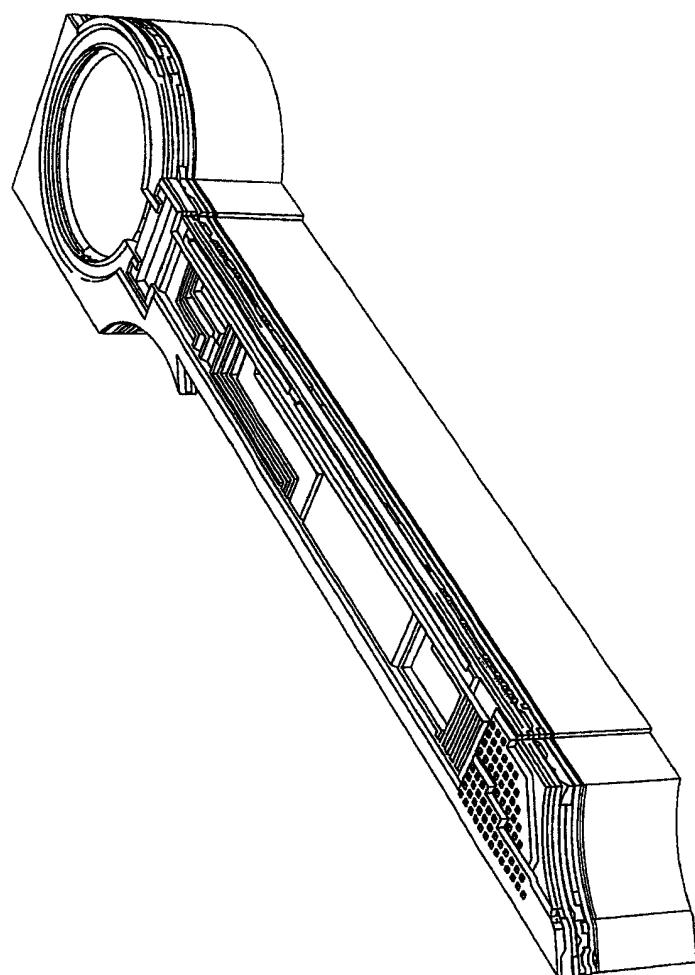


FIG. 52

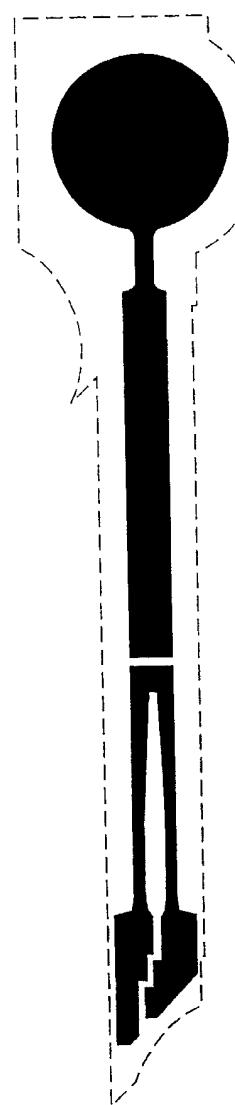


FIG. 53

加热器掩模

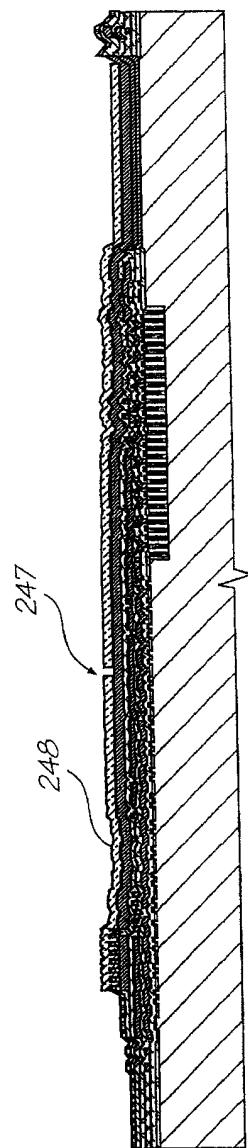


FIG. 54

沉积加热器 TiN

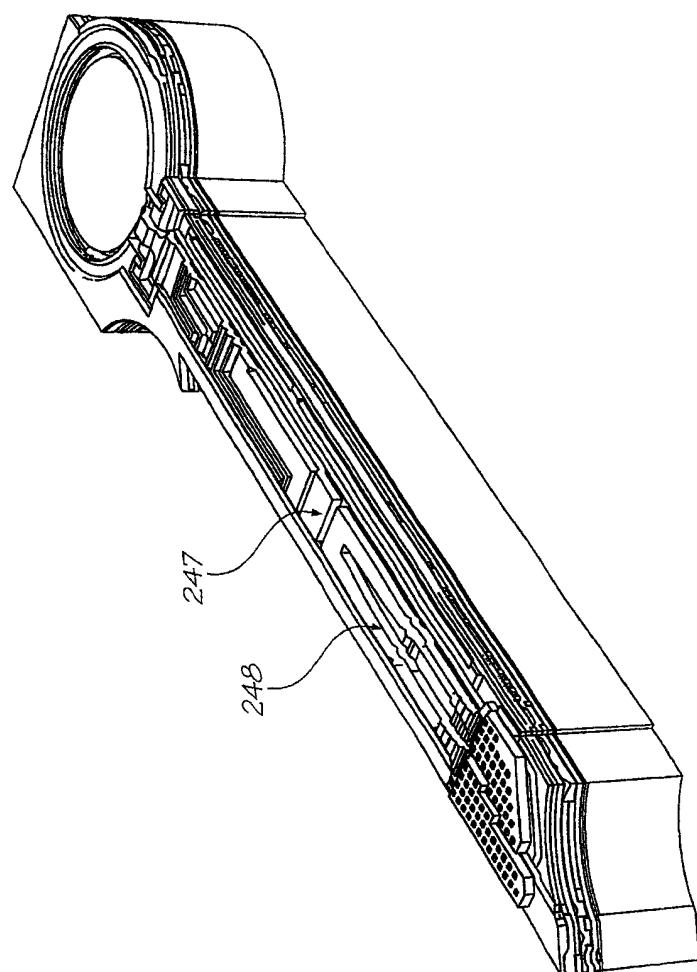


FIG. 55

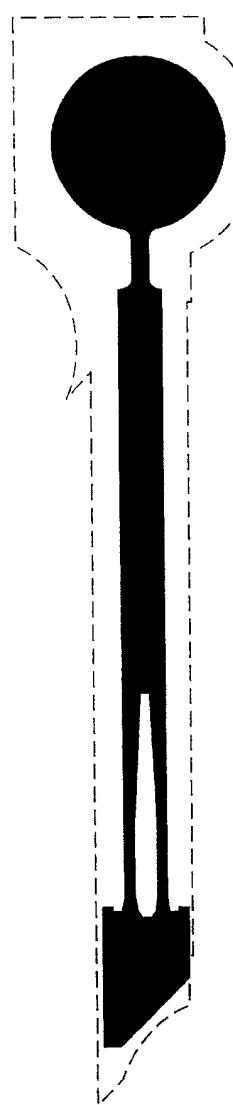


FIG. 56

致动器/弯曲补偿器掩模

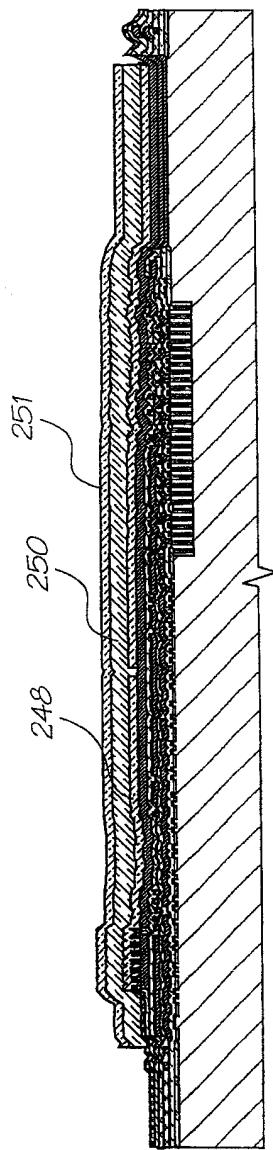


FIG. 57

沉积并蚀刻制动器玻璃和弯曲补偿器 TiN

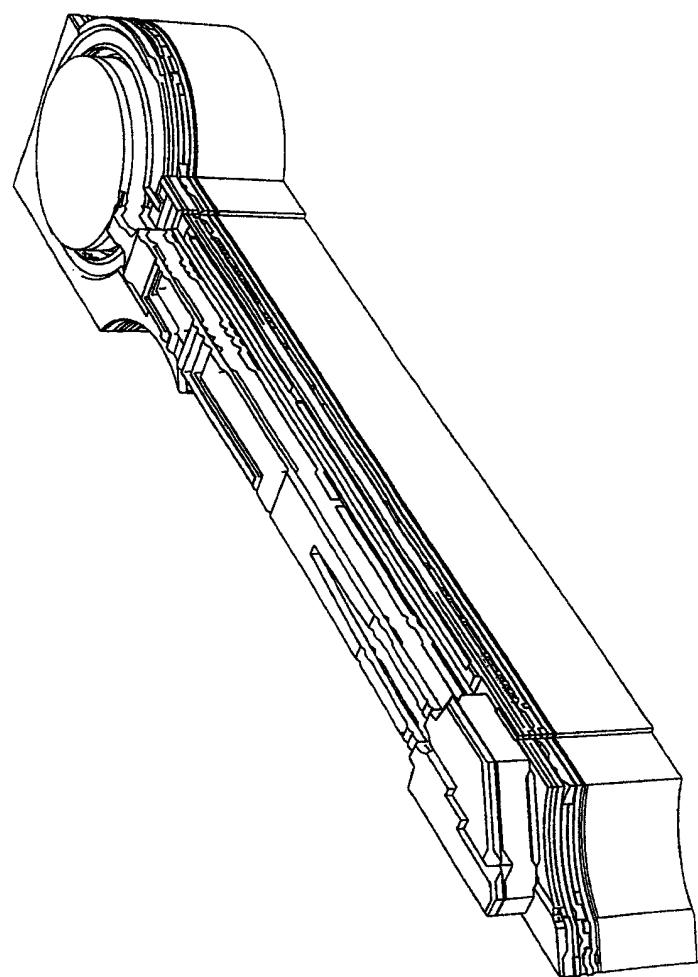


FIG. 58

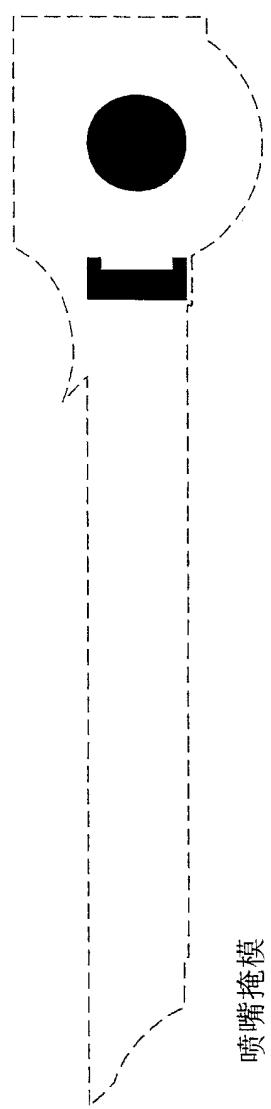


FIG. 59

喷嘴掩模

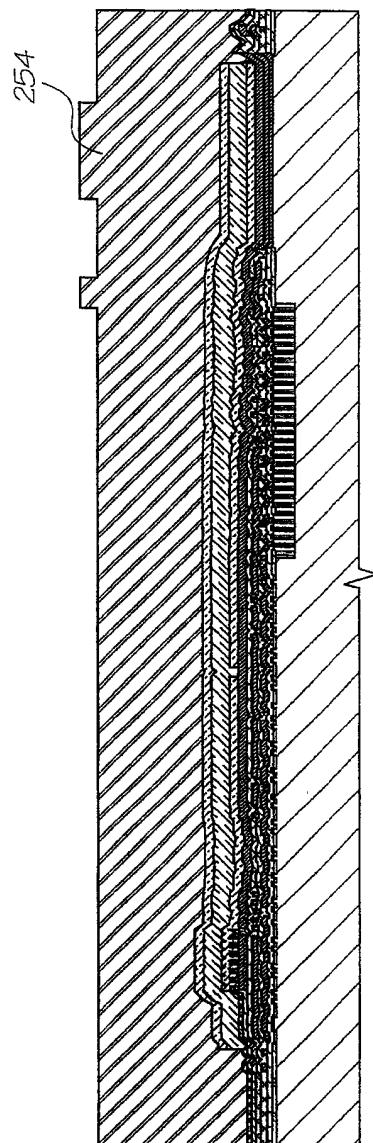
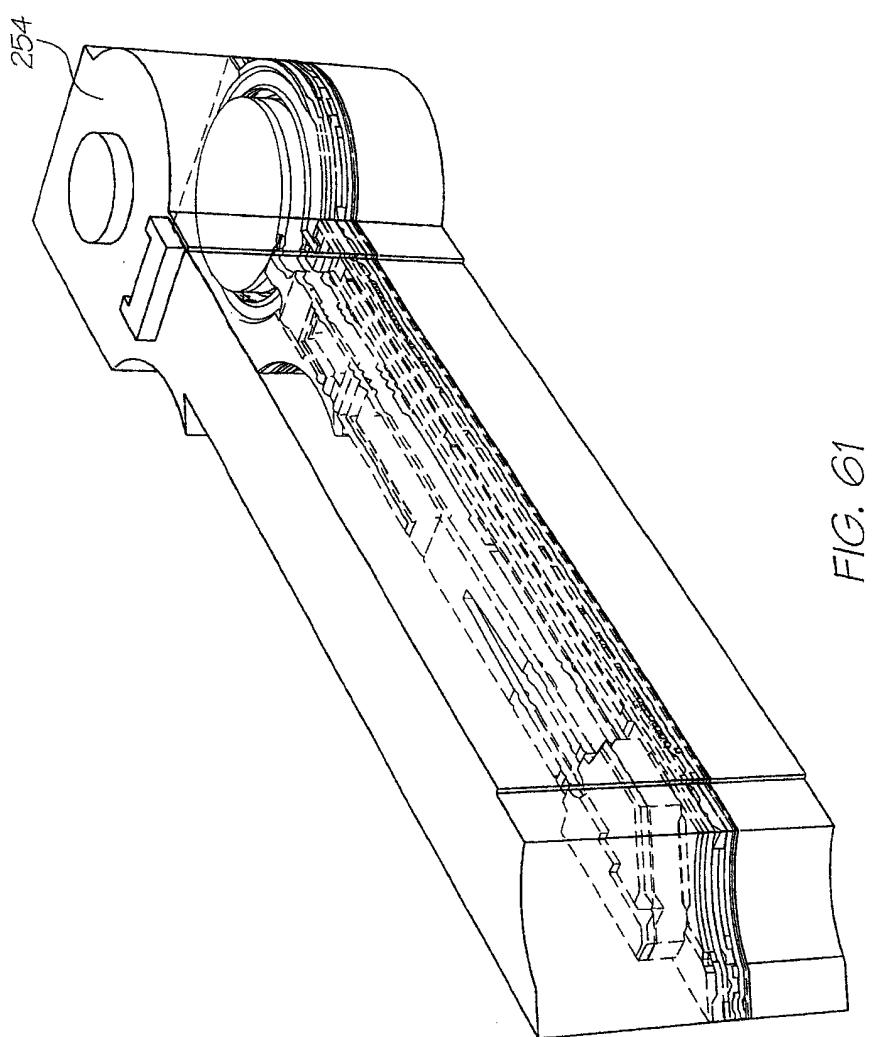
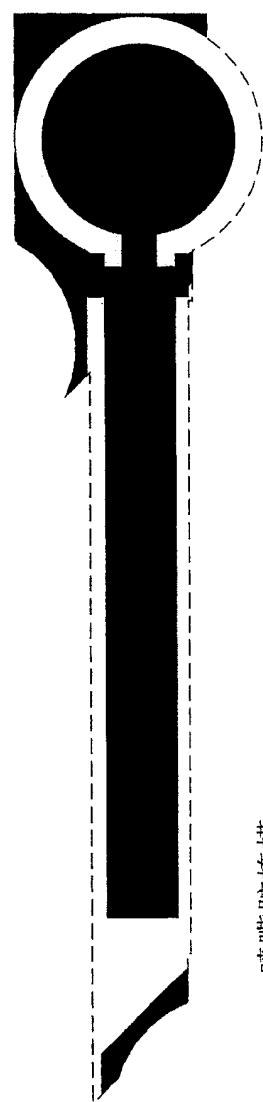


FIG. 60

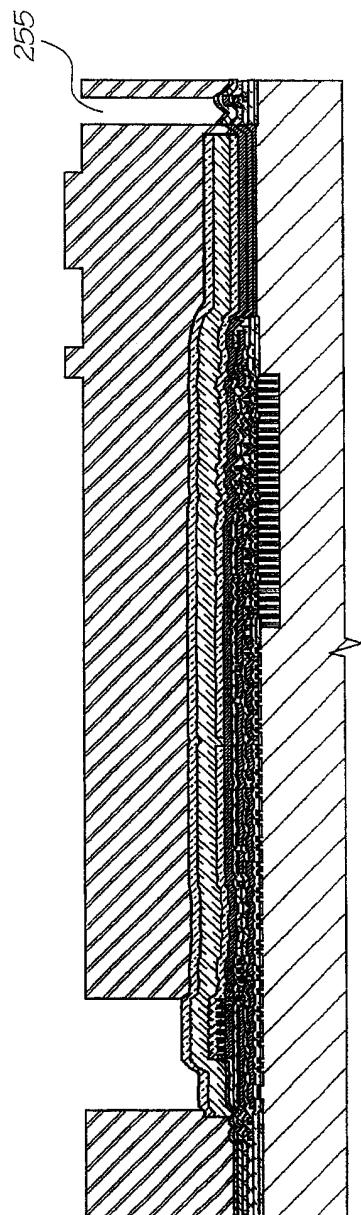
沉积牺牲层, 蚀刻喷嘴



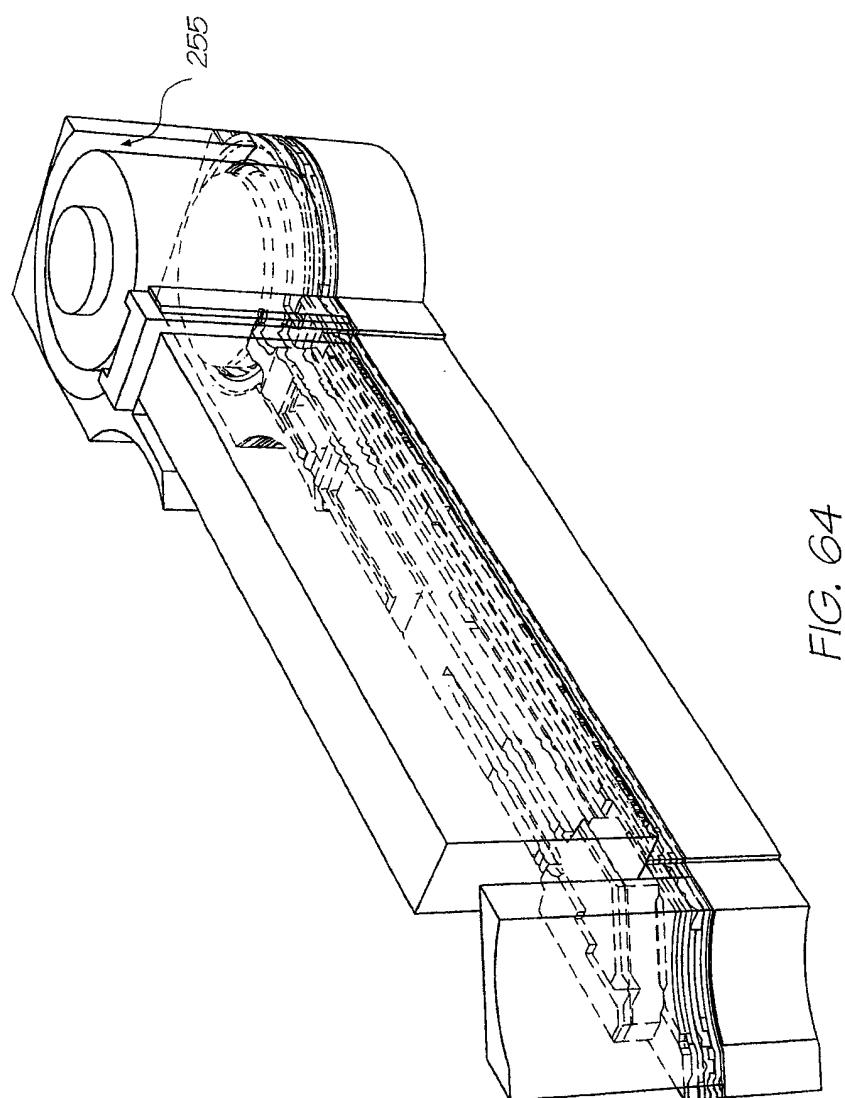


喷嘴腔掩模

FIG. 62



在牺牲层上蚀刻喷嘴腔 FIG. 63



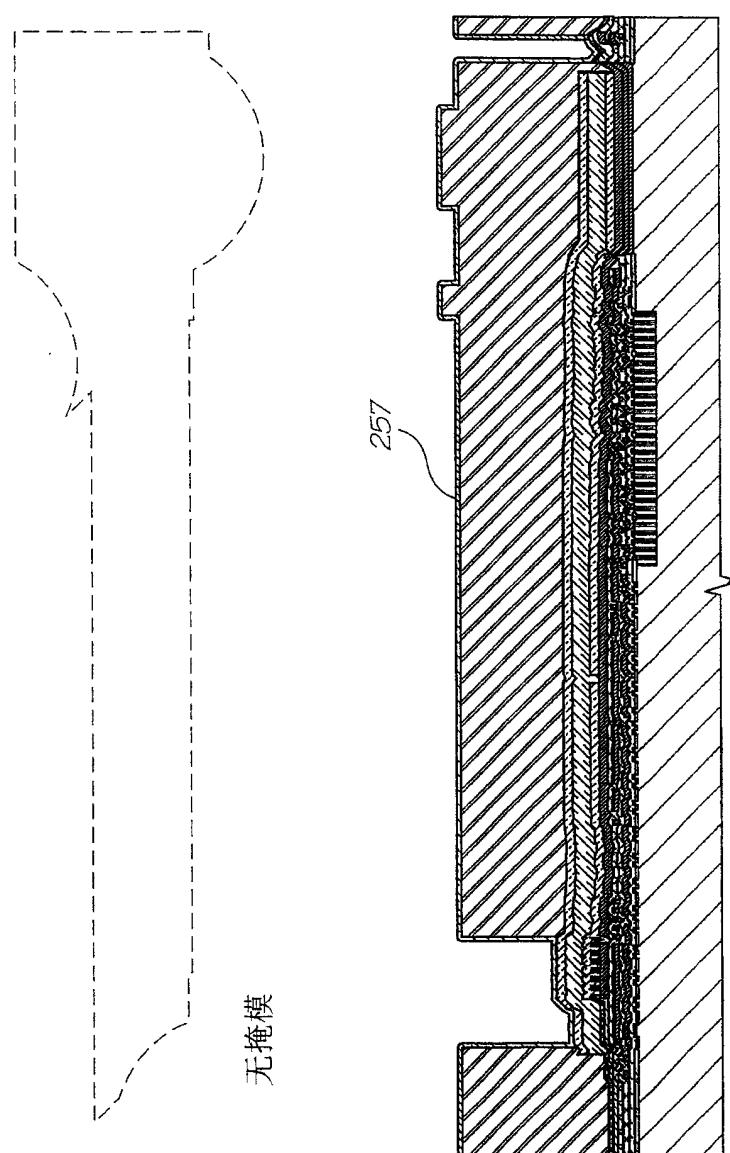
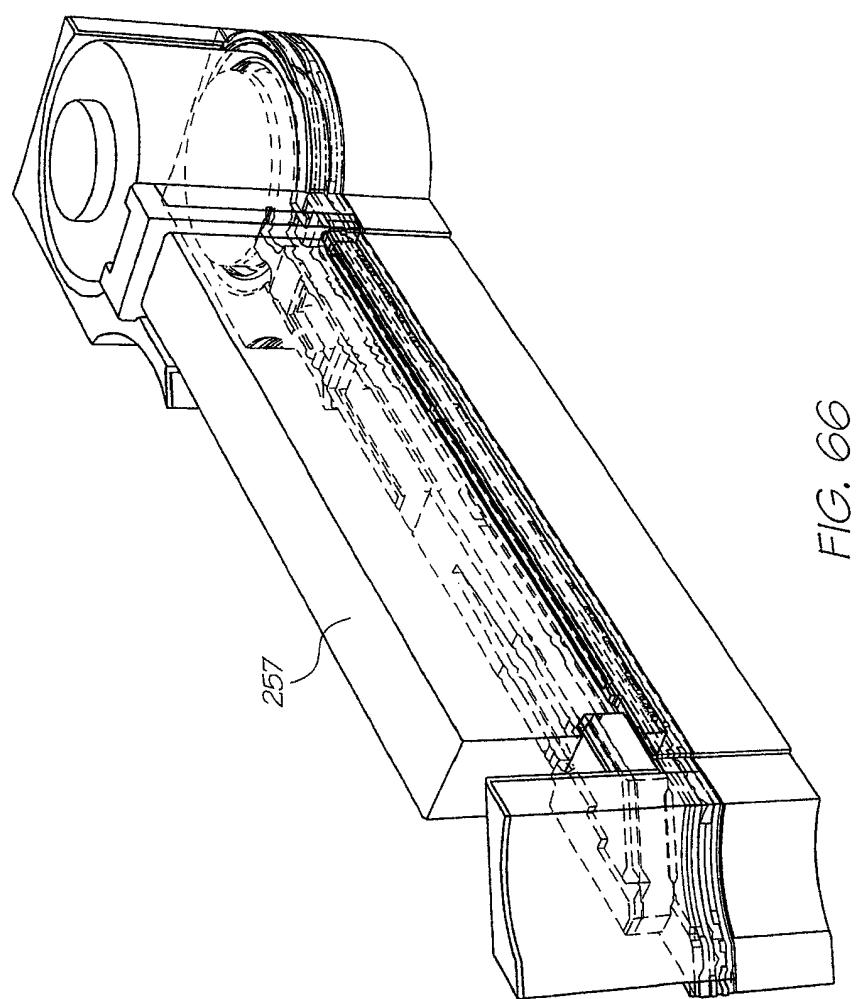
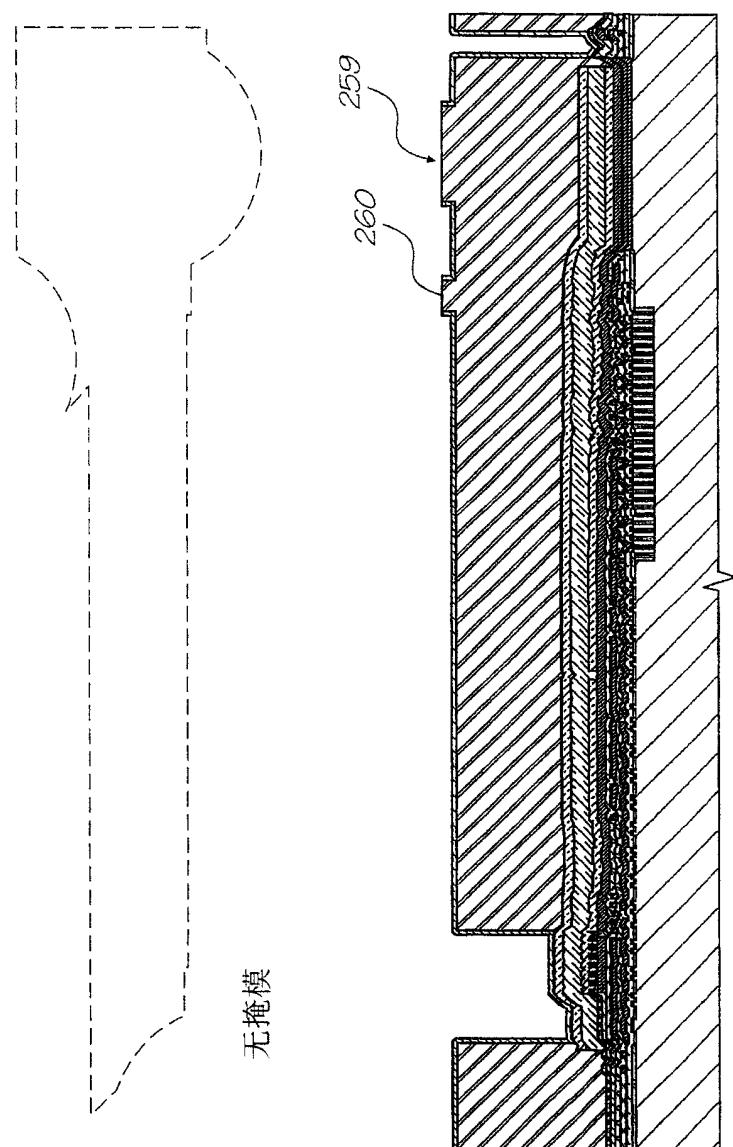


FIG. 65

沉积喷嘴腔壁





无掩模

利用化学机械平面化产生自对准喷嘴

FIG. 67

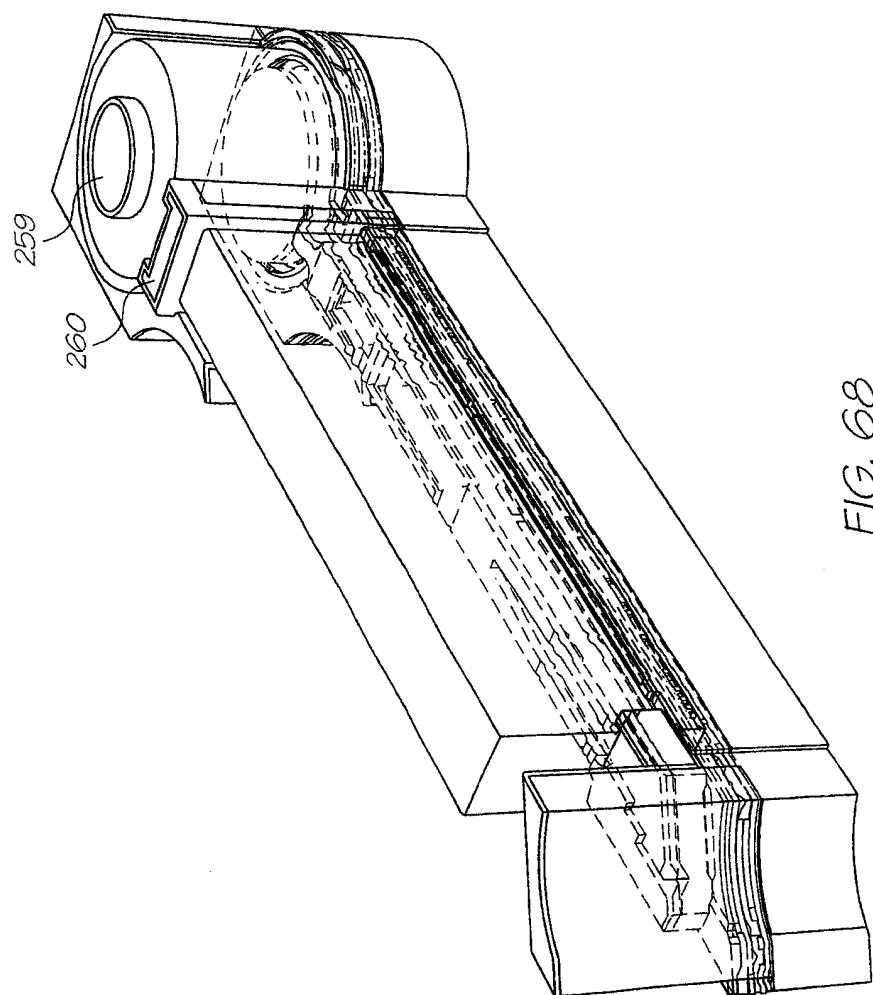
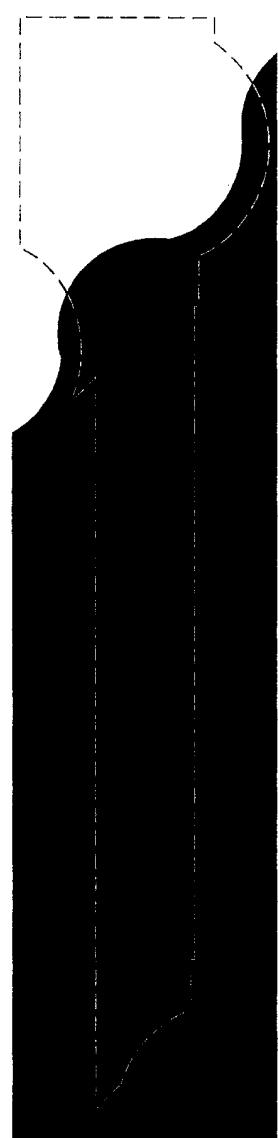
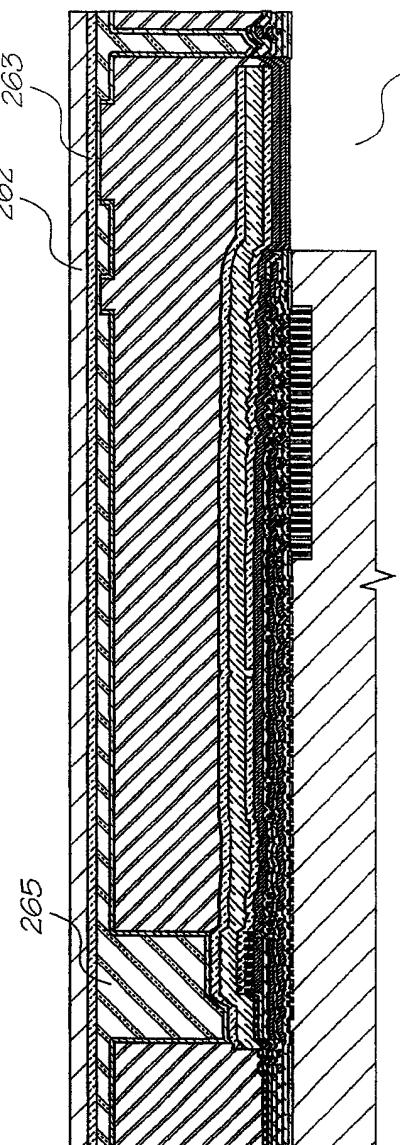


FIG. 68



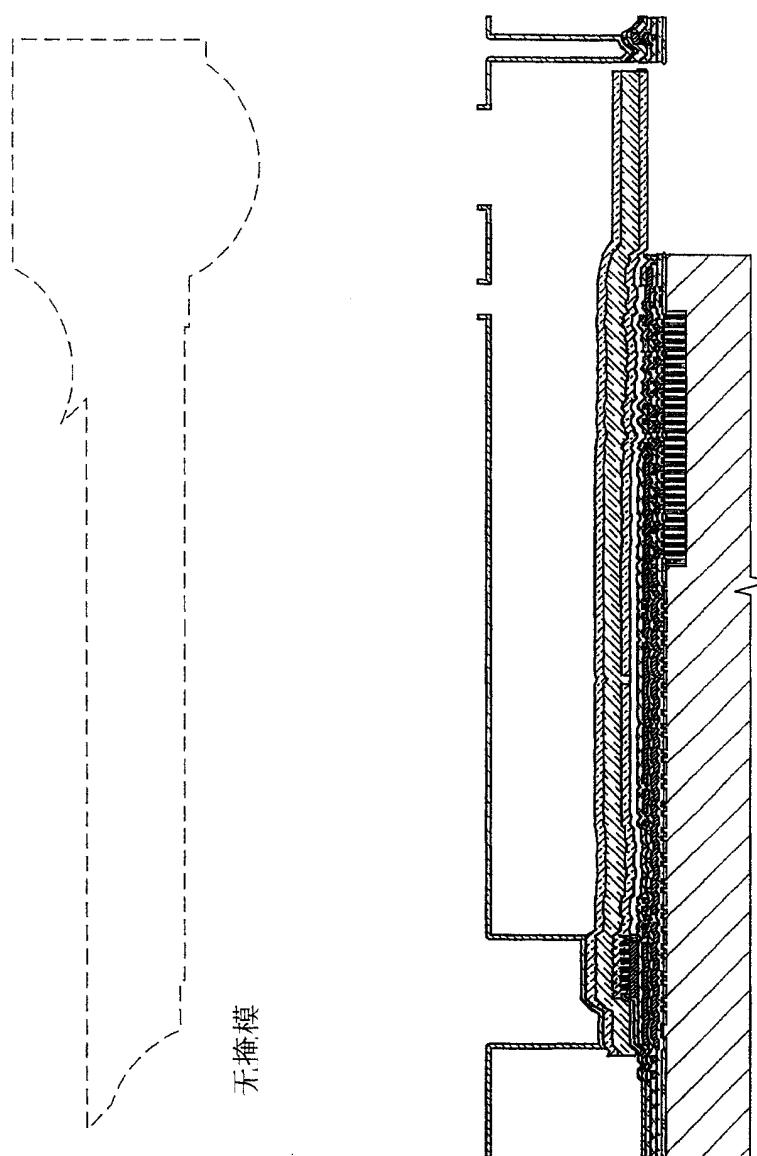
背面蚀刻入口掩模

FIG. 70



安装在晶片坯上，背面蚀刻入口

FIG. 69



从晶片坯清除，蚀刻牺牲层材料

FIG. 71

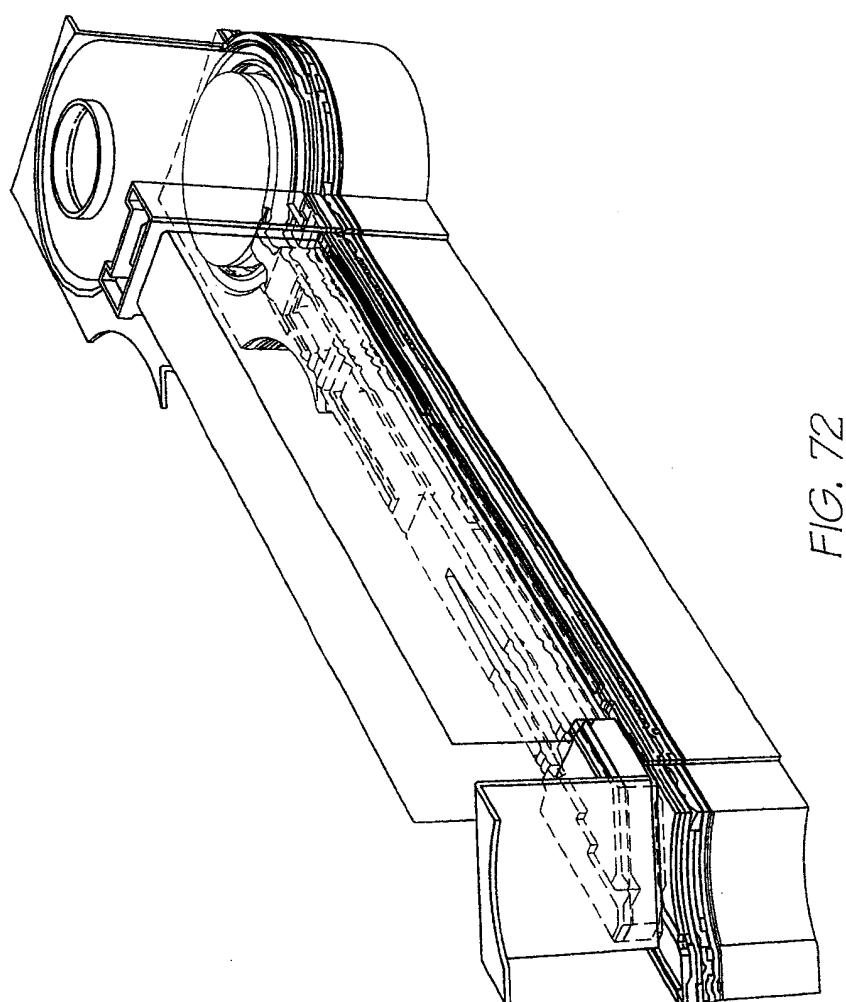


FIG. 72

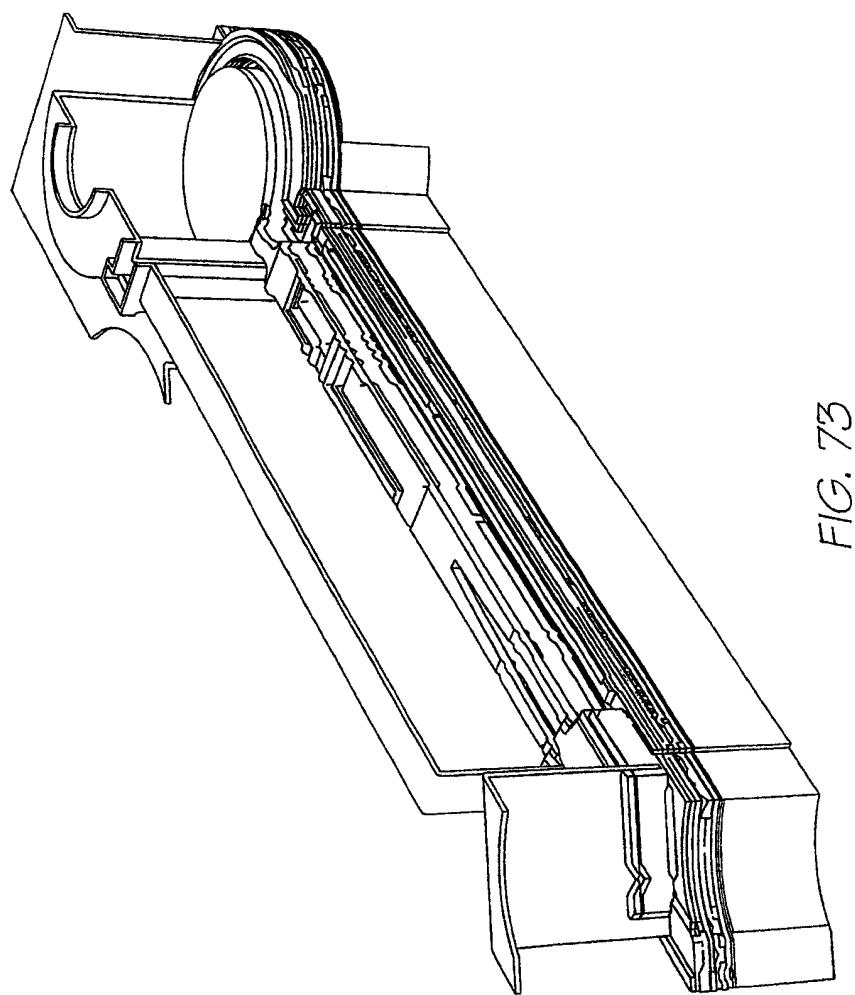


FIG. 73

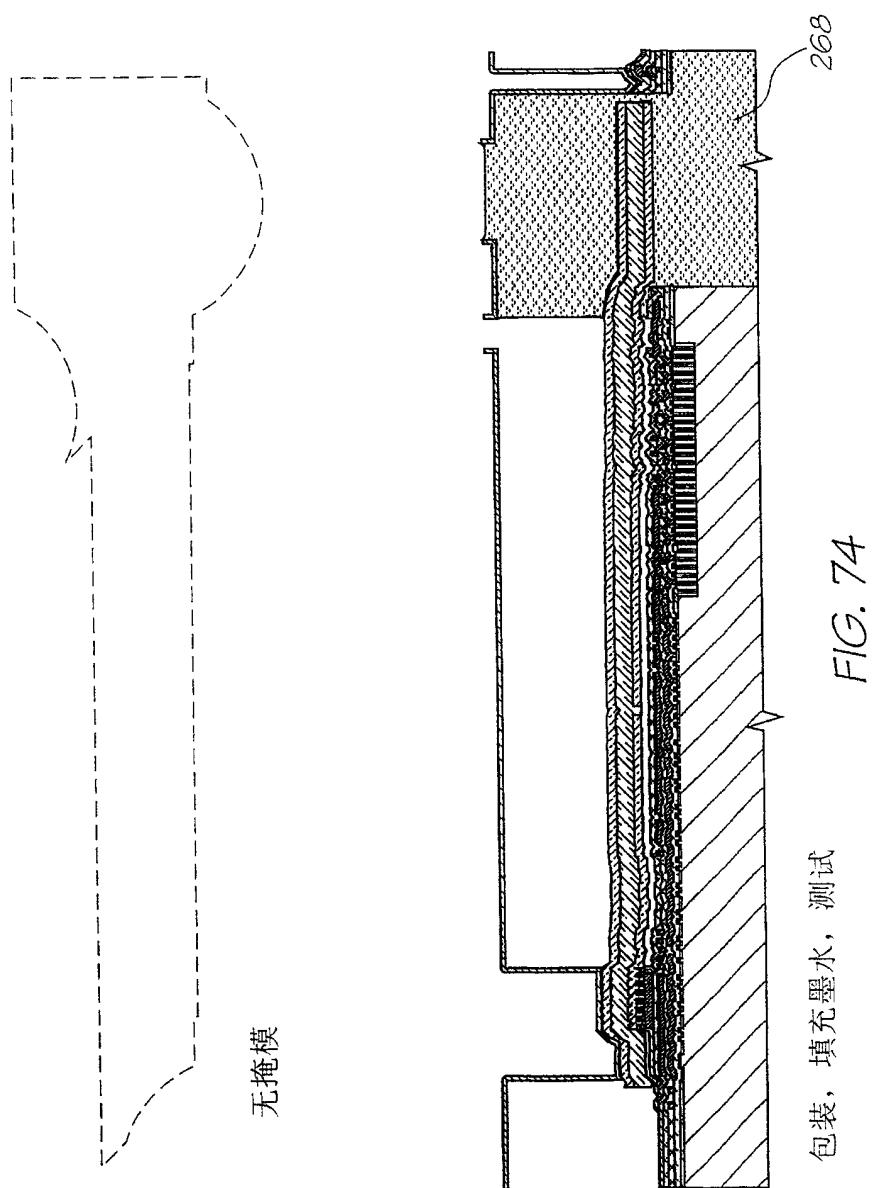


FIG. 74

包装, 填充墨水, 测试

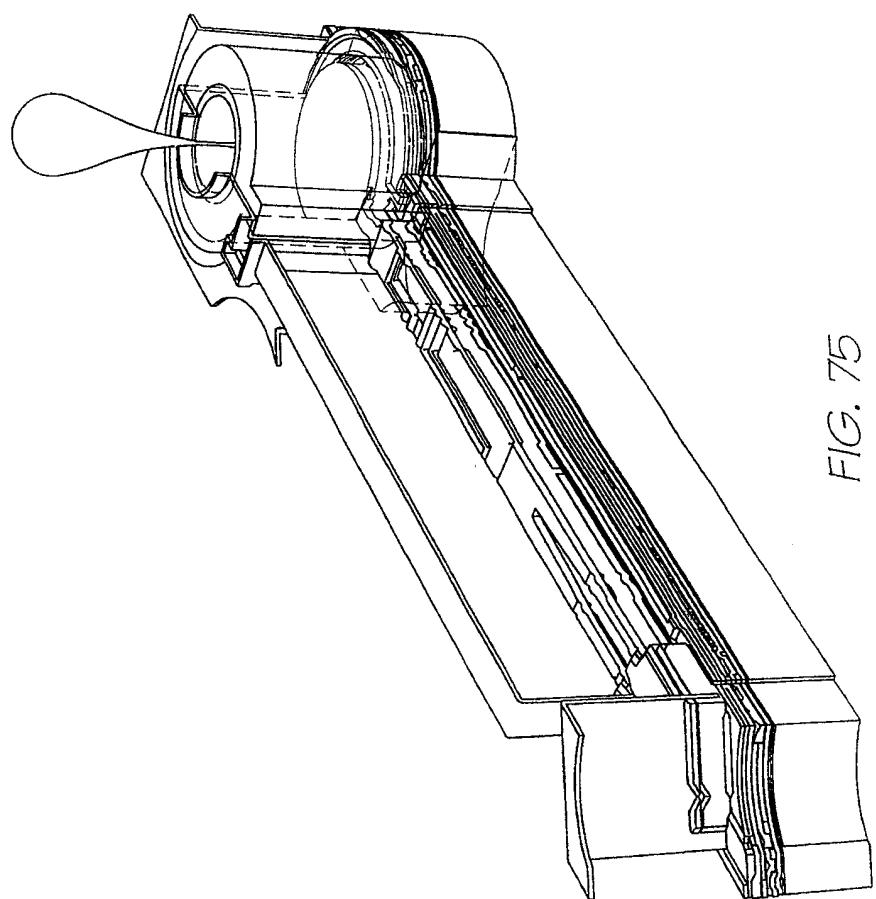


FIG. 75

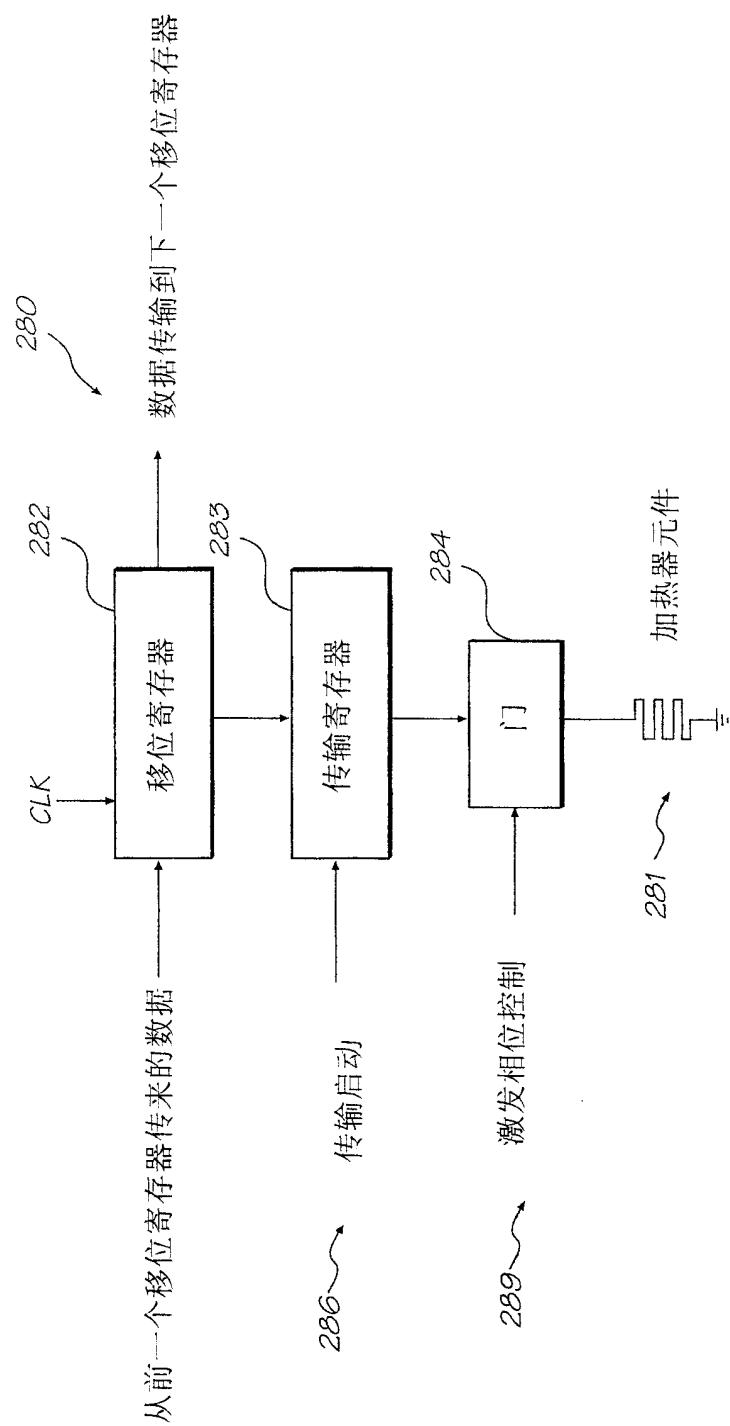


FIG. 76

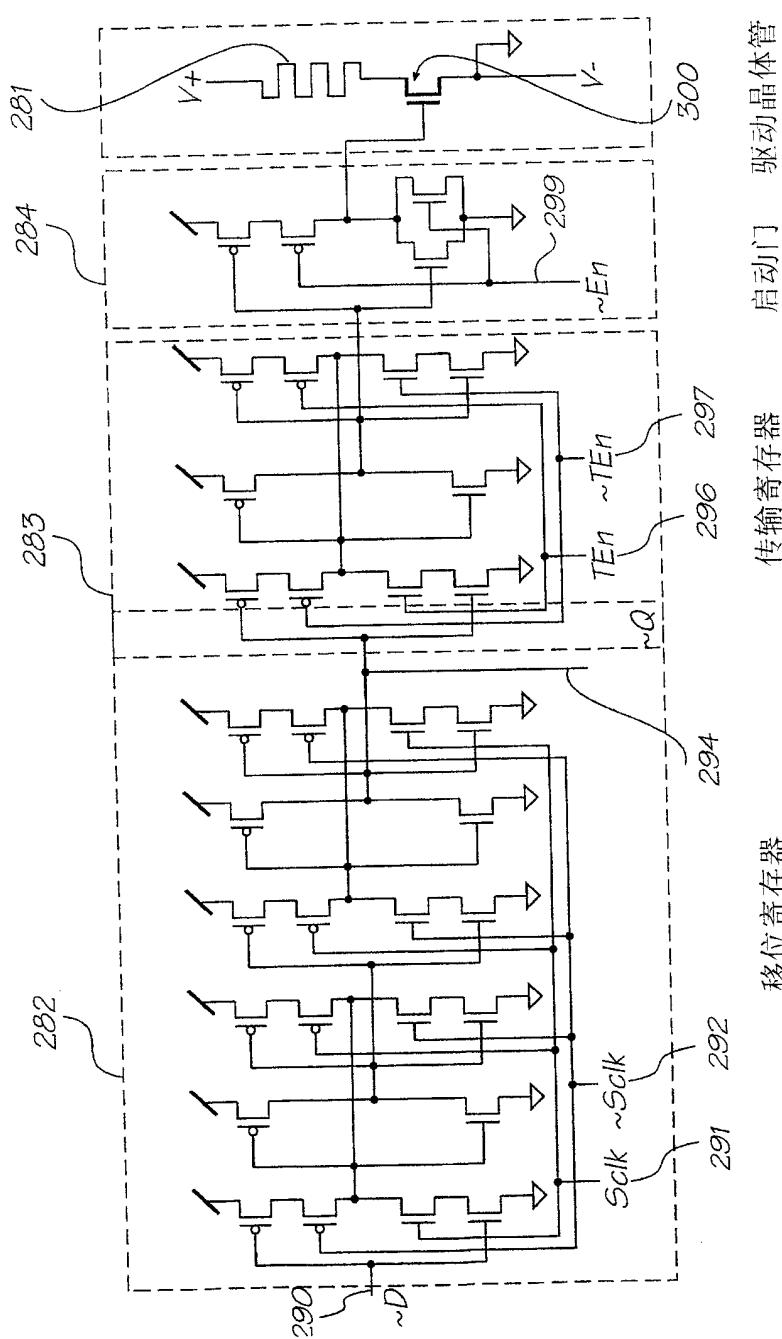


FIG. 77

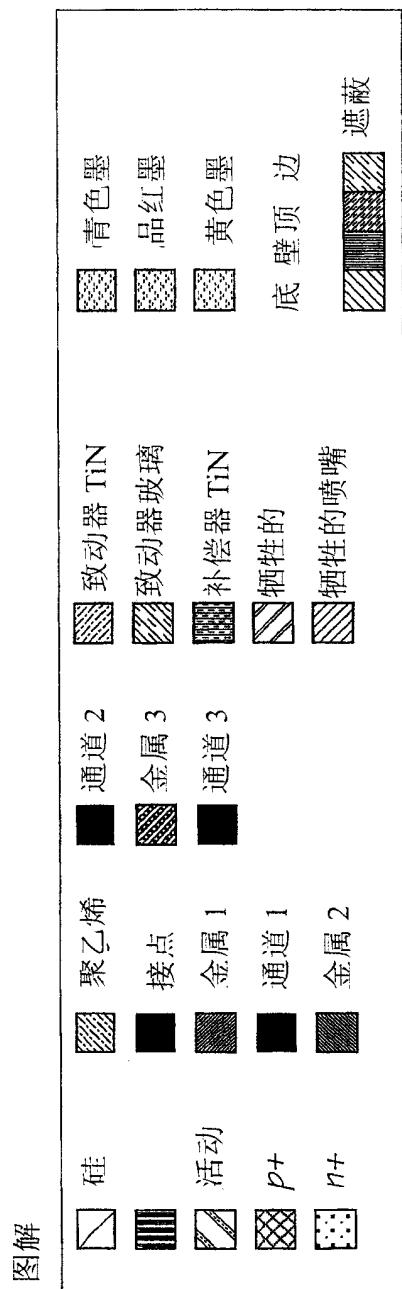


FIG. 78

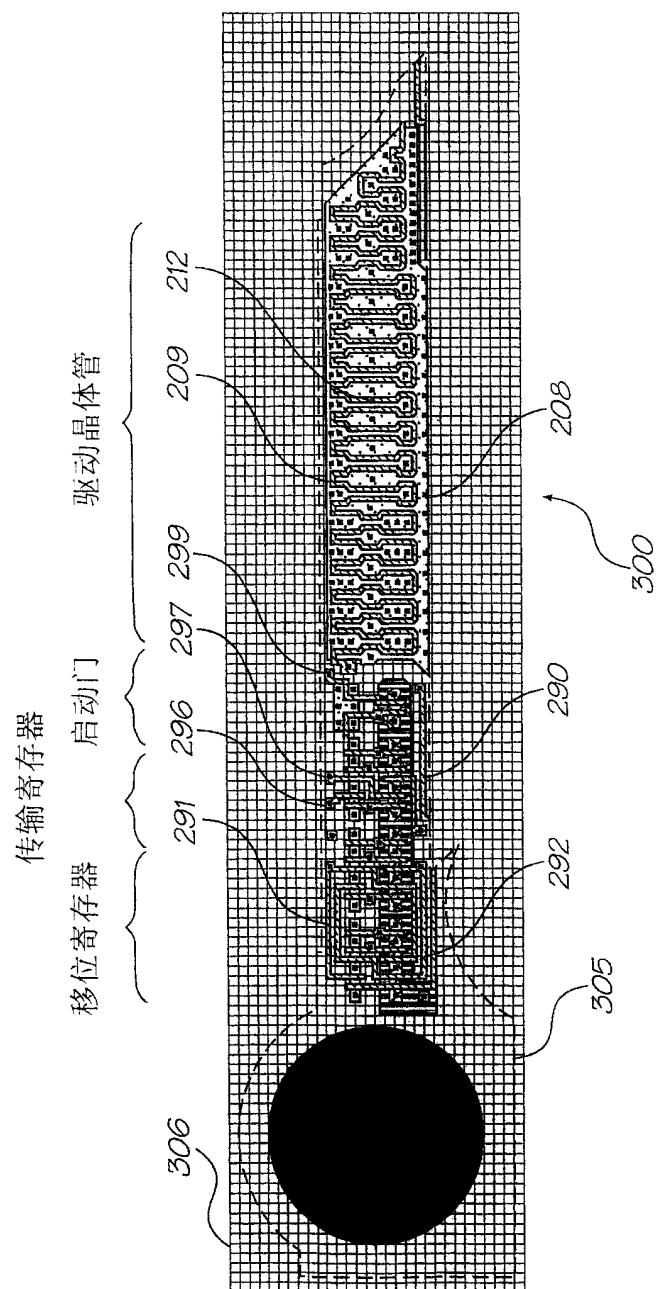
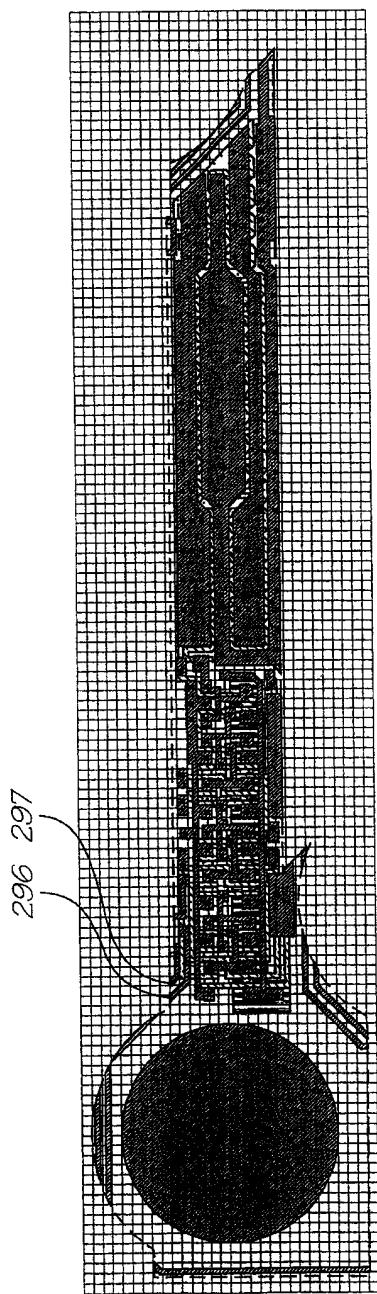


FIG. 79



296 297

FIG. 80

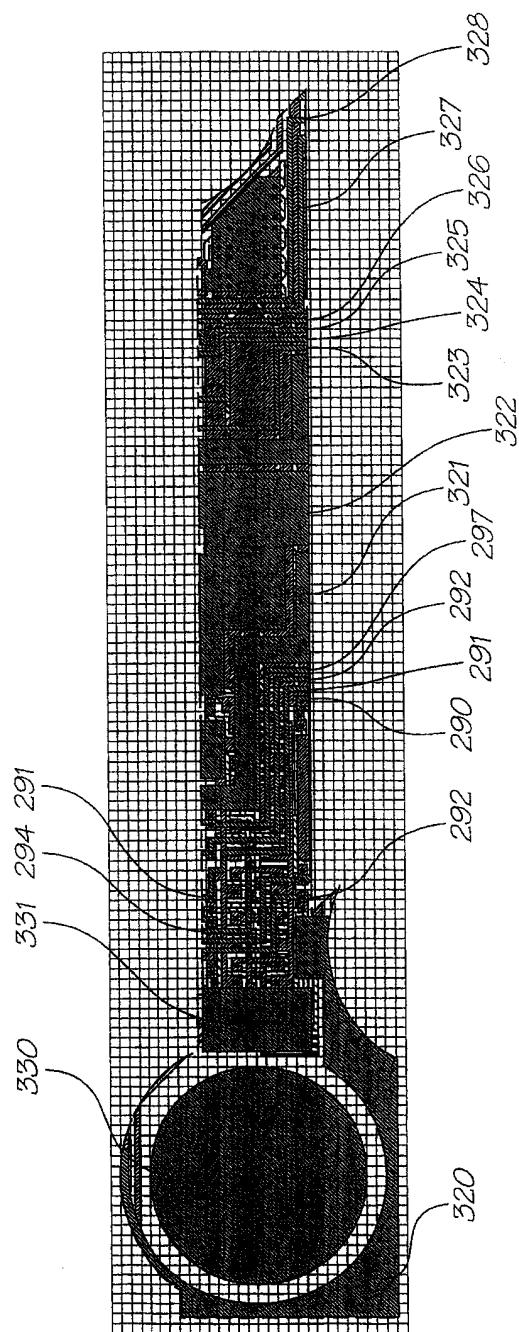


FIG. 81

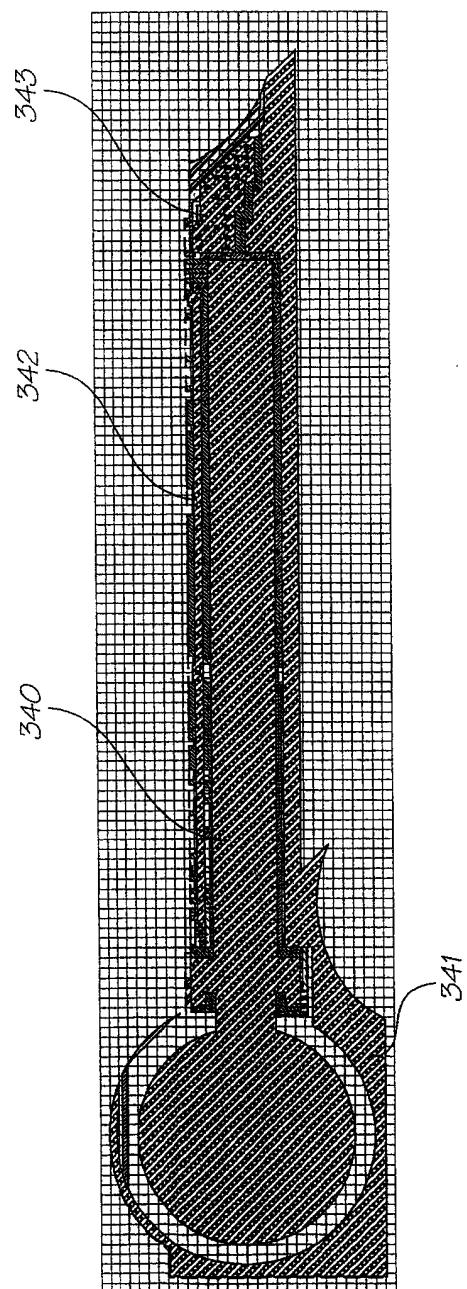


FIG. 82

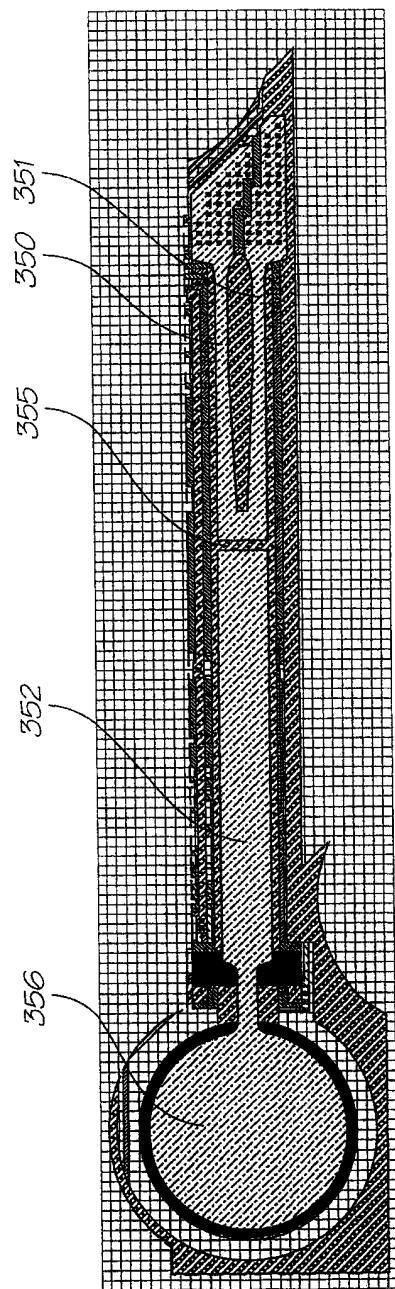


FIG. 83

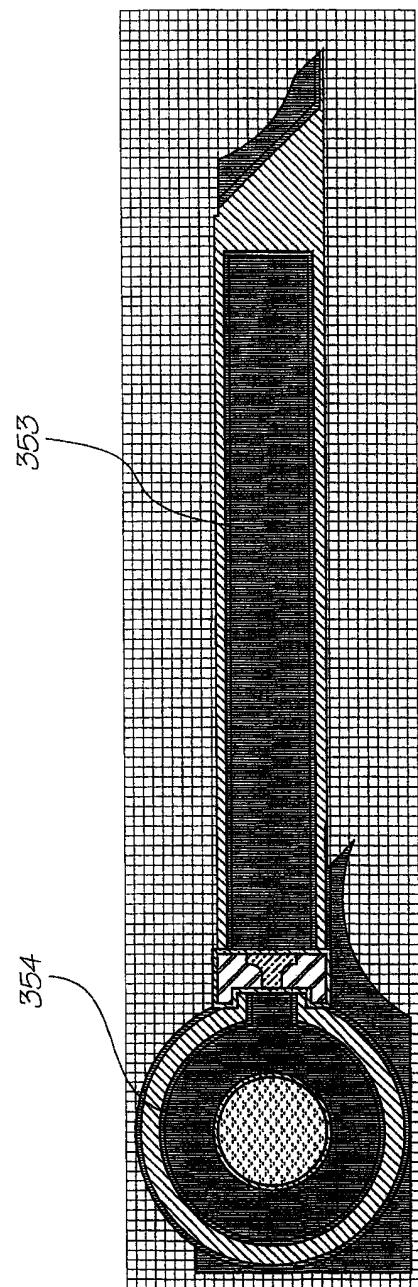


FIG. 84

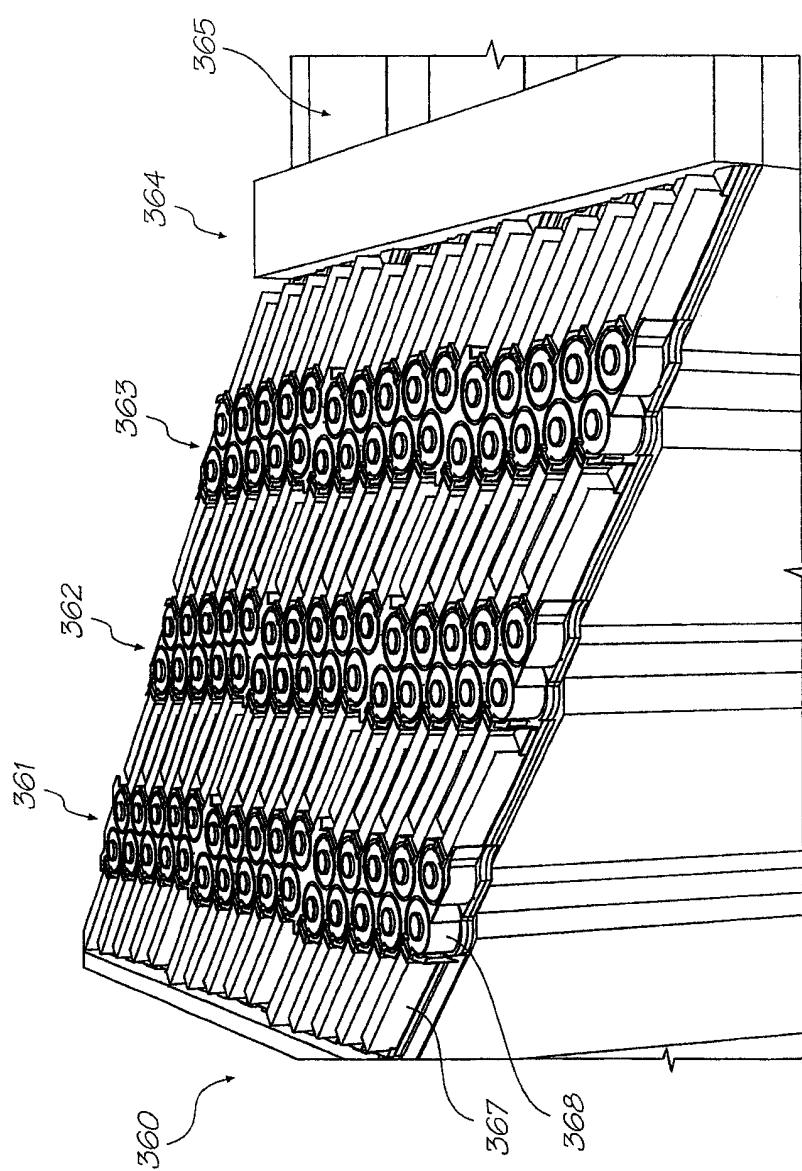


FIG. 85

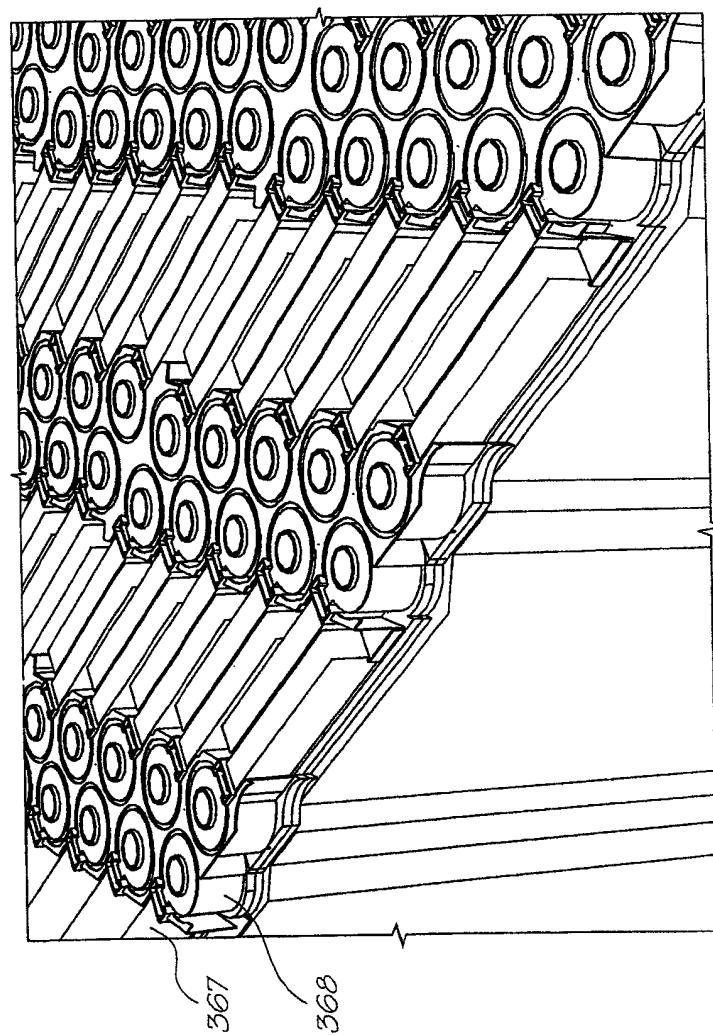


FIG. 86

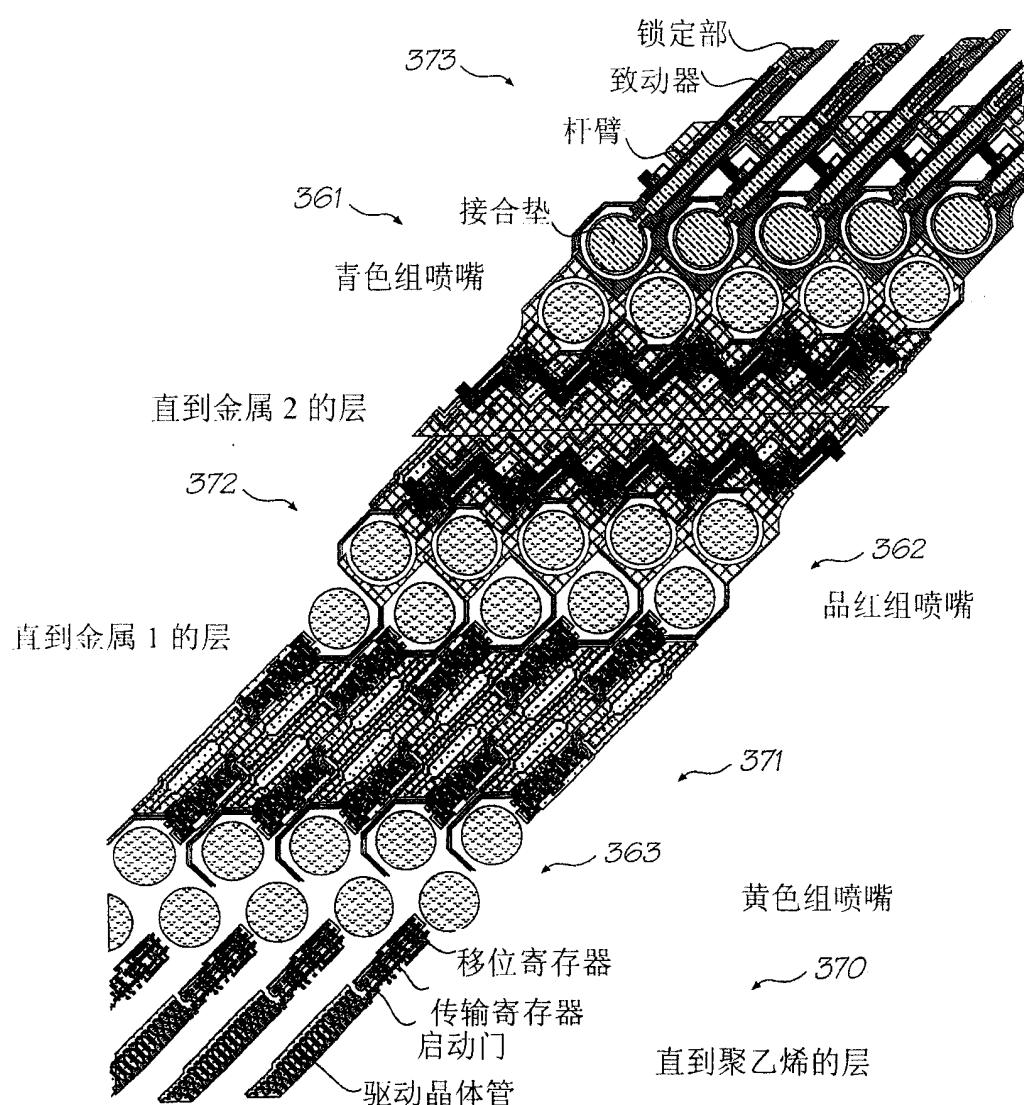


FIG. 87

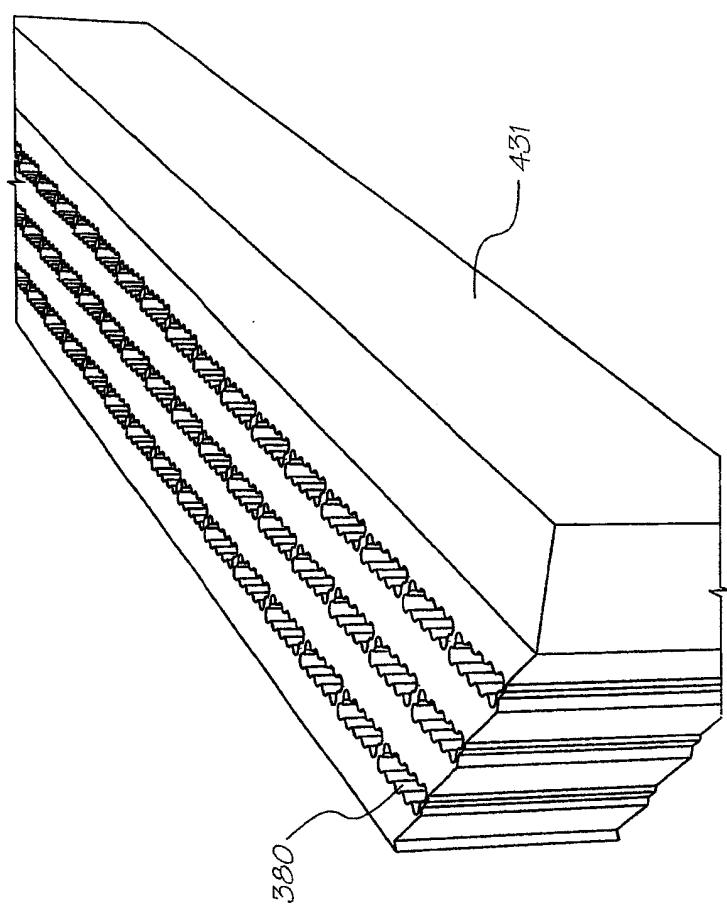


FIG. 88

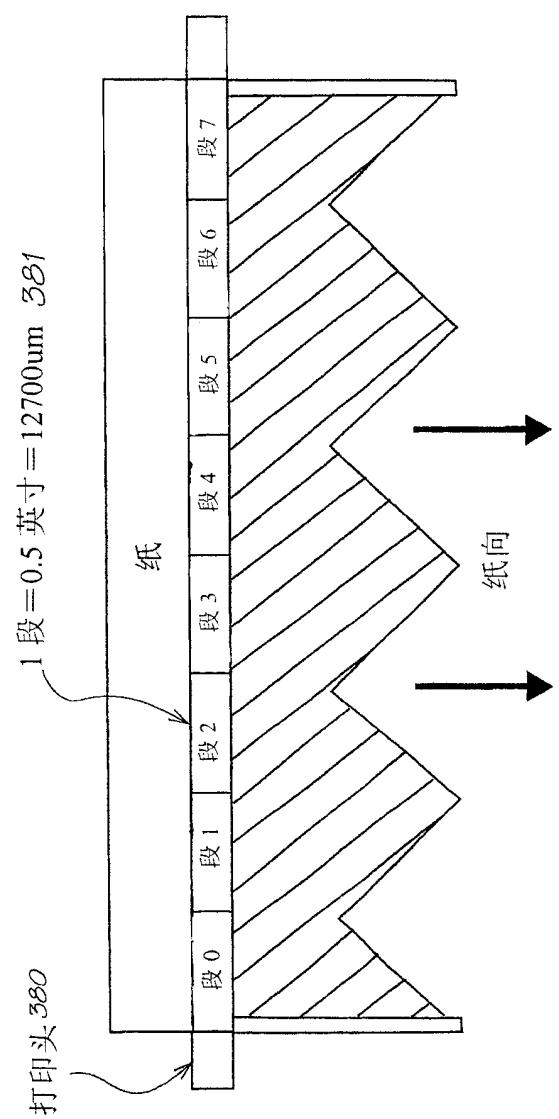
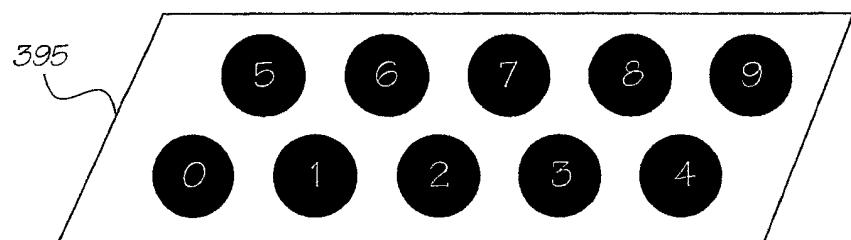


FIG. 89



一个密集小群，按激发顺序编号

FIG. 90

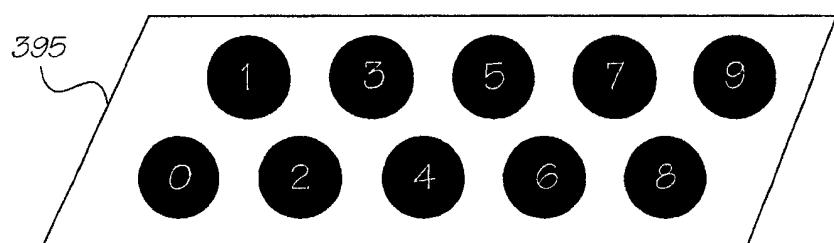


FIG. 91

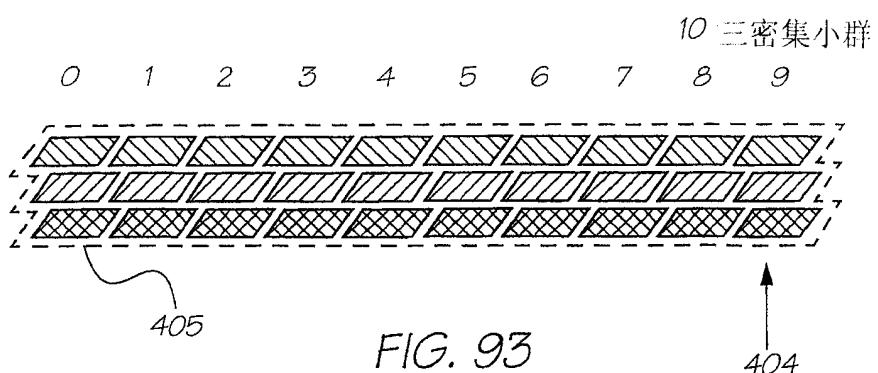


FIG. 93

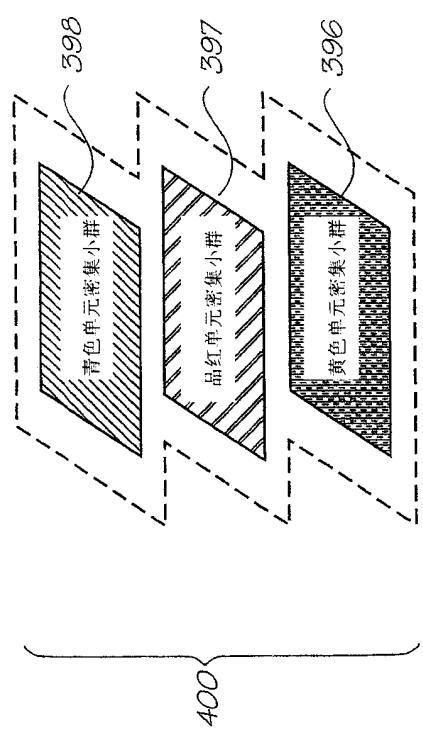


FIG. 92

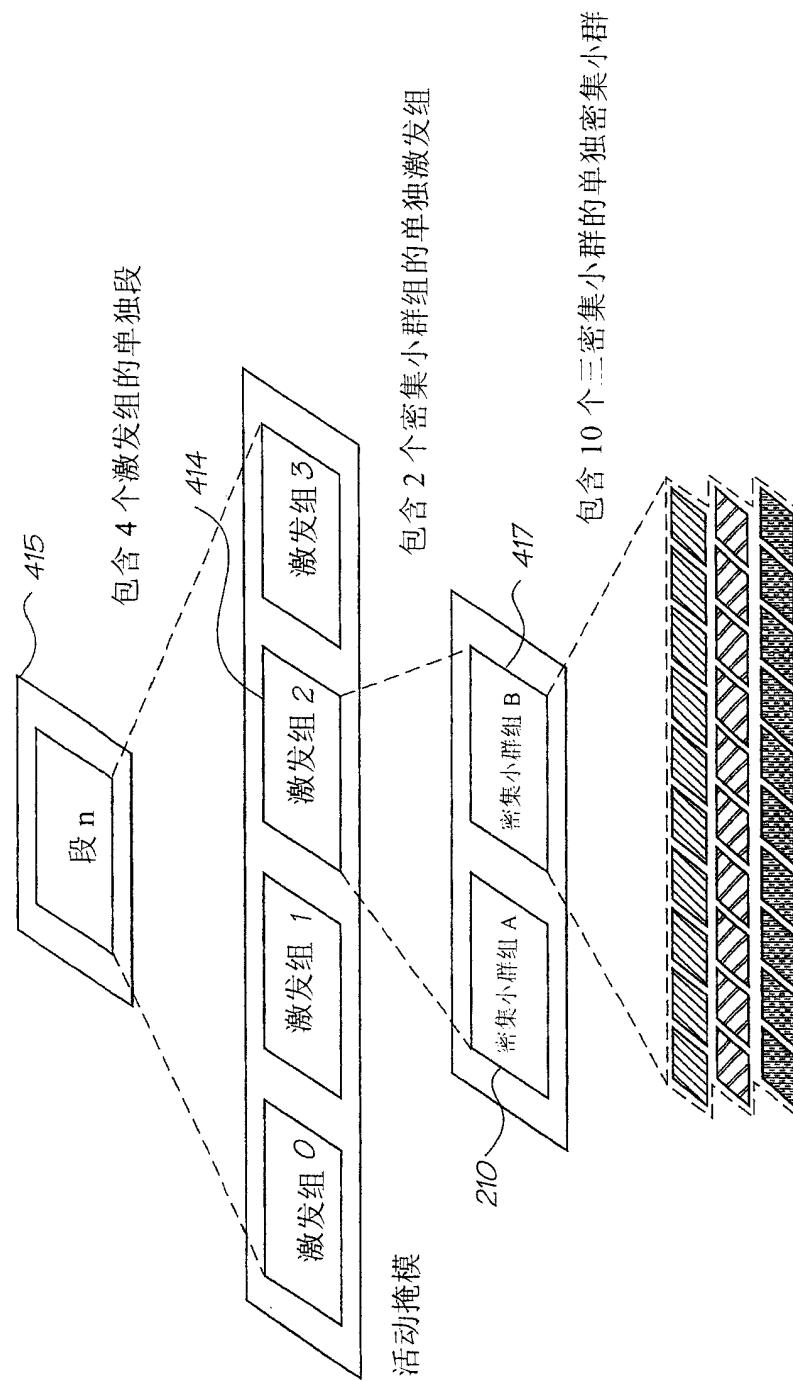
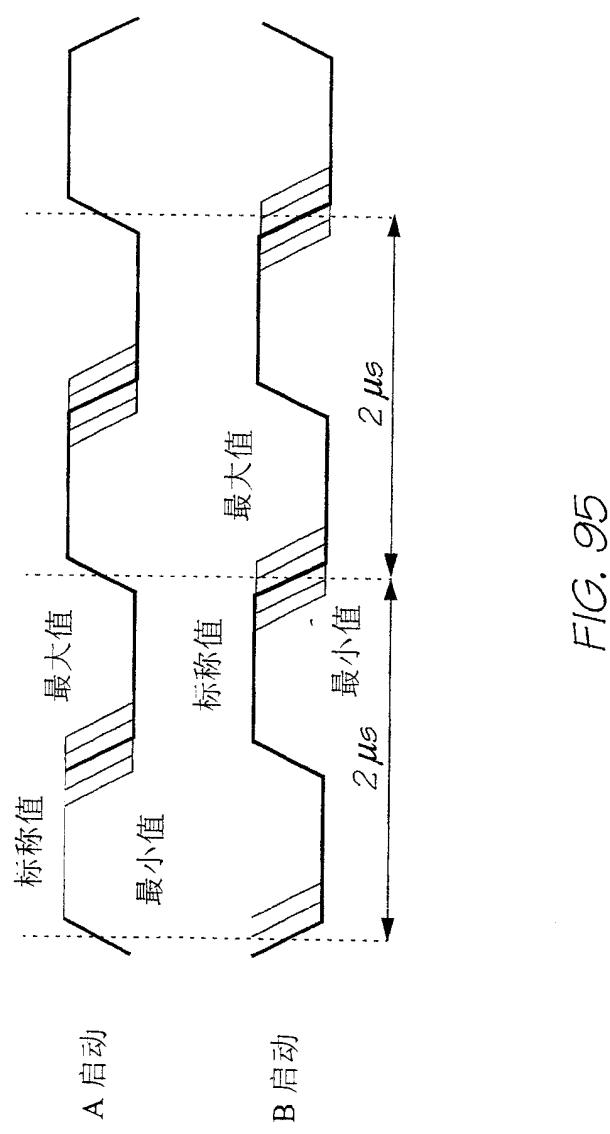


FIG. 94



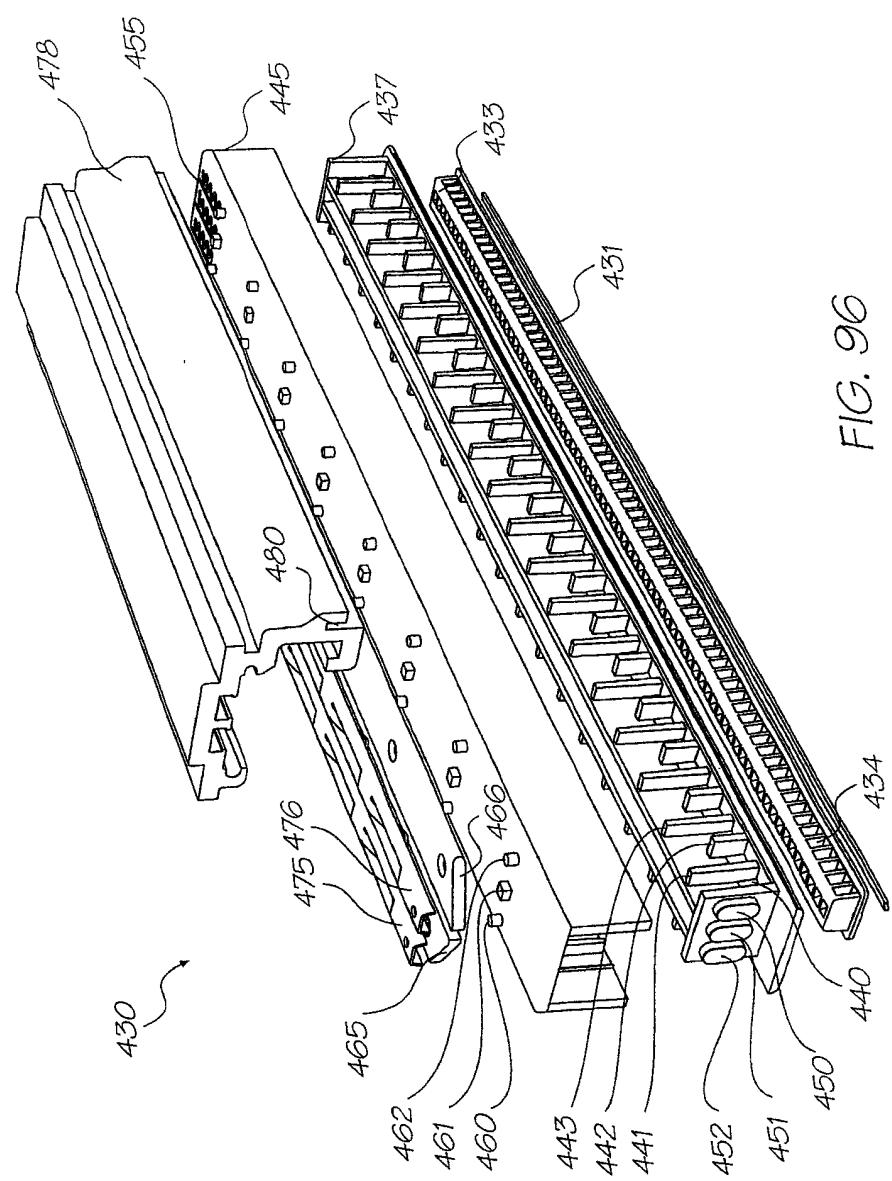


FIG. 96

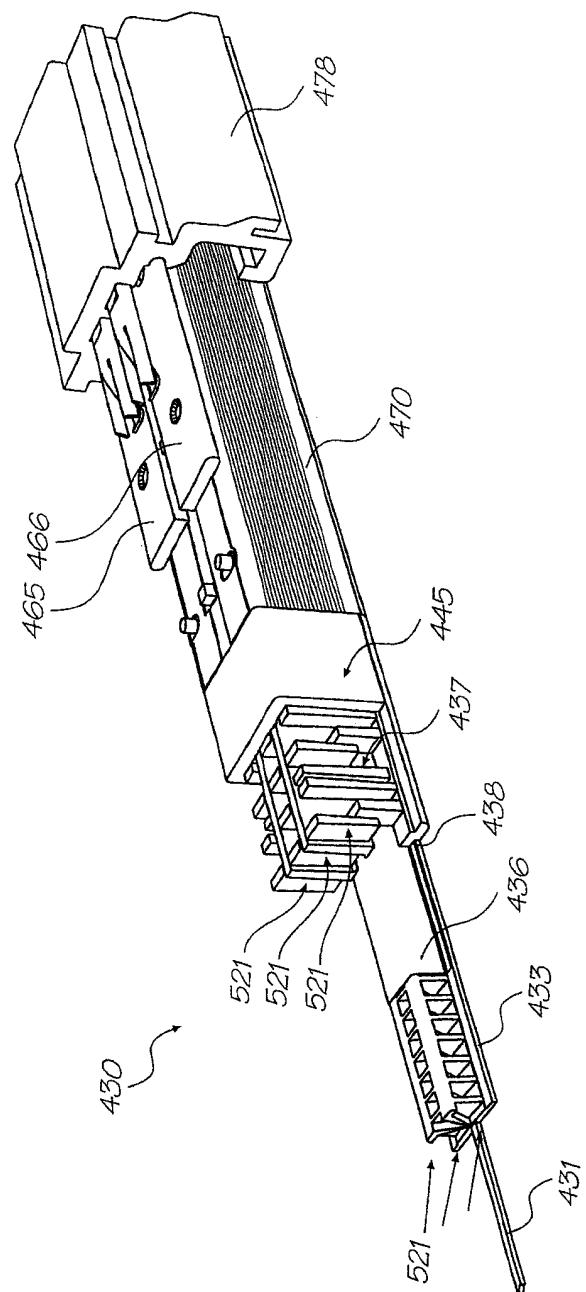


FIG. 97

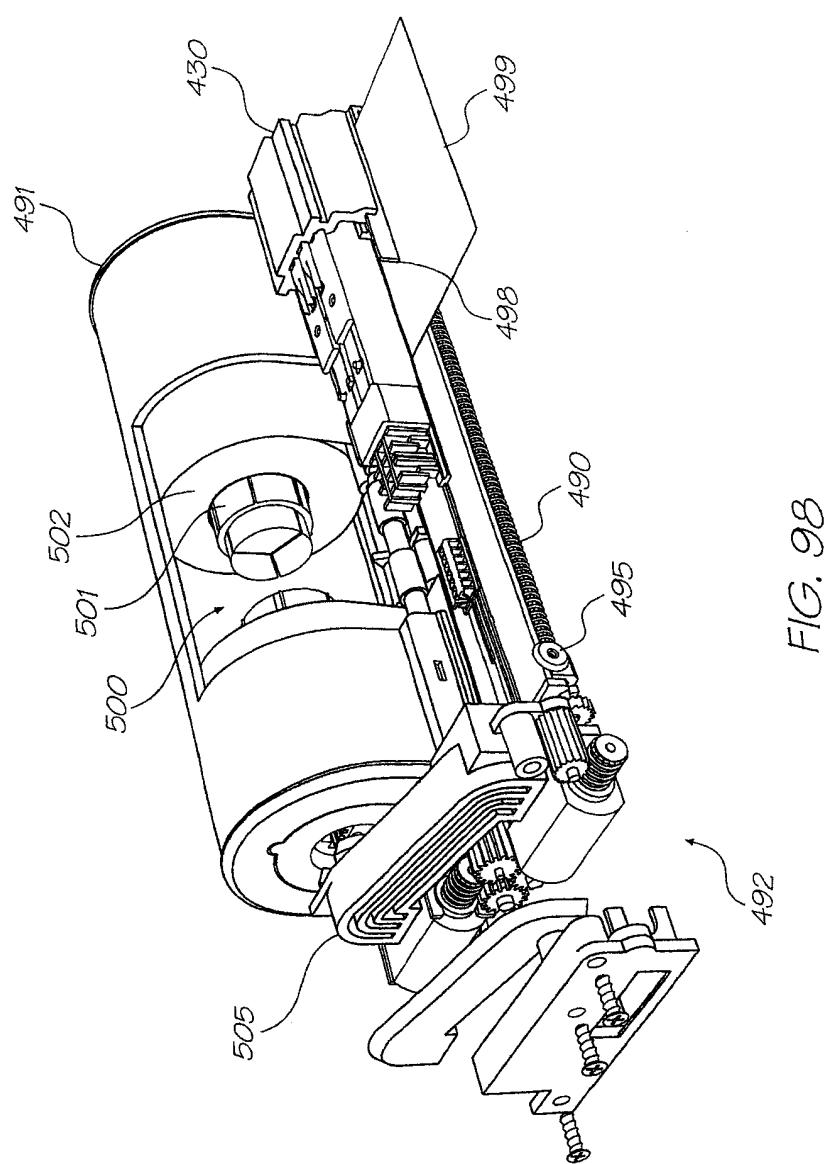


FIG. 98

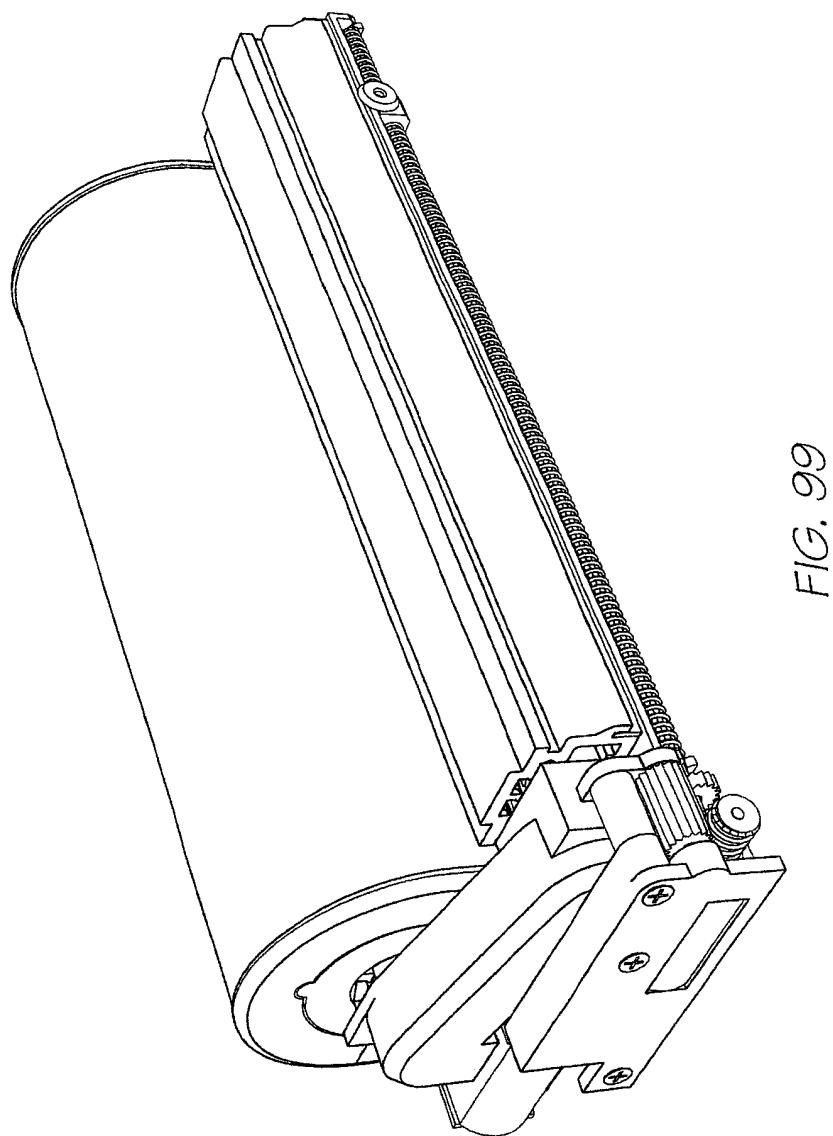


FIG. 99

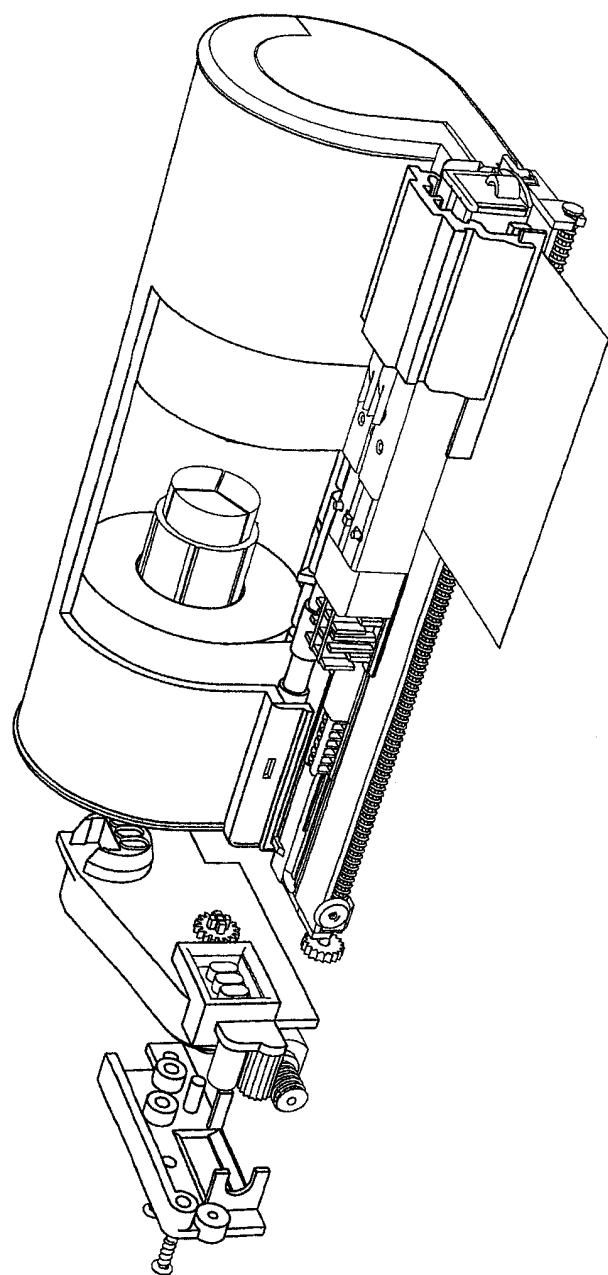


FIG. 100

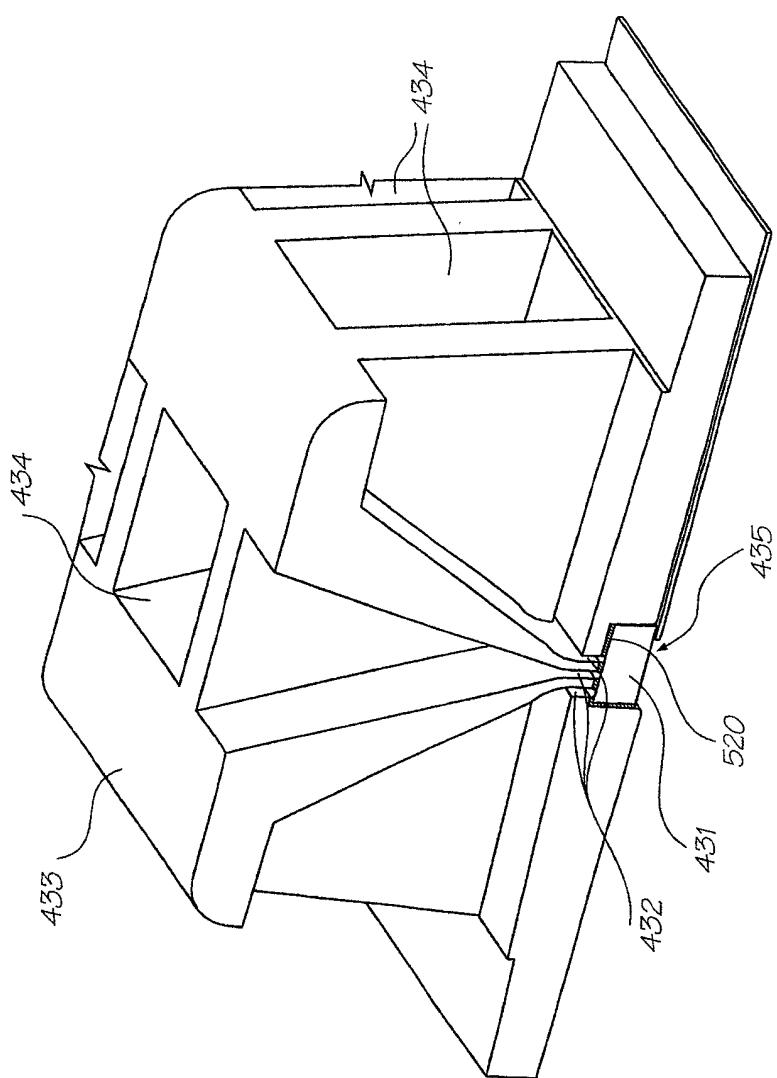


FIG. 101

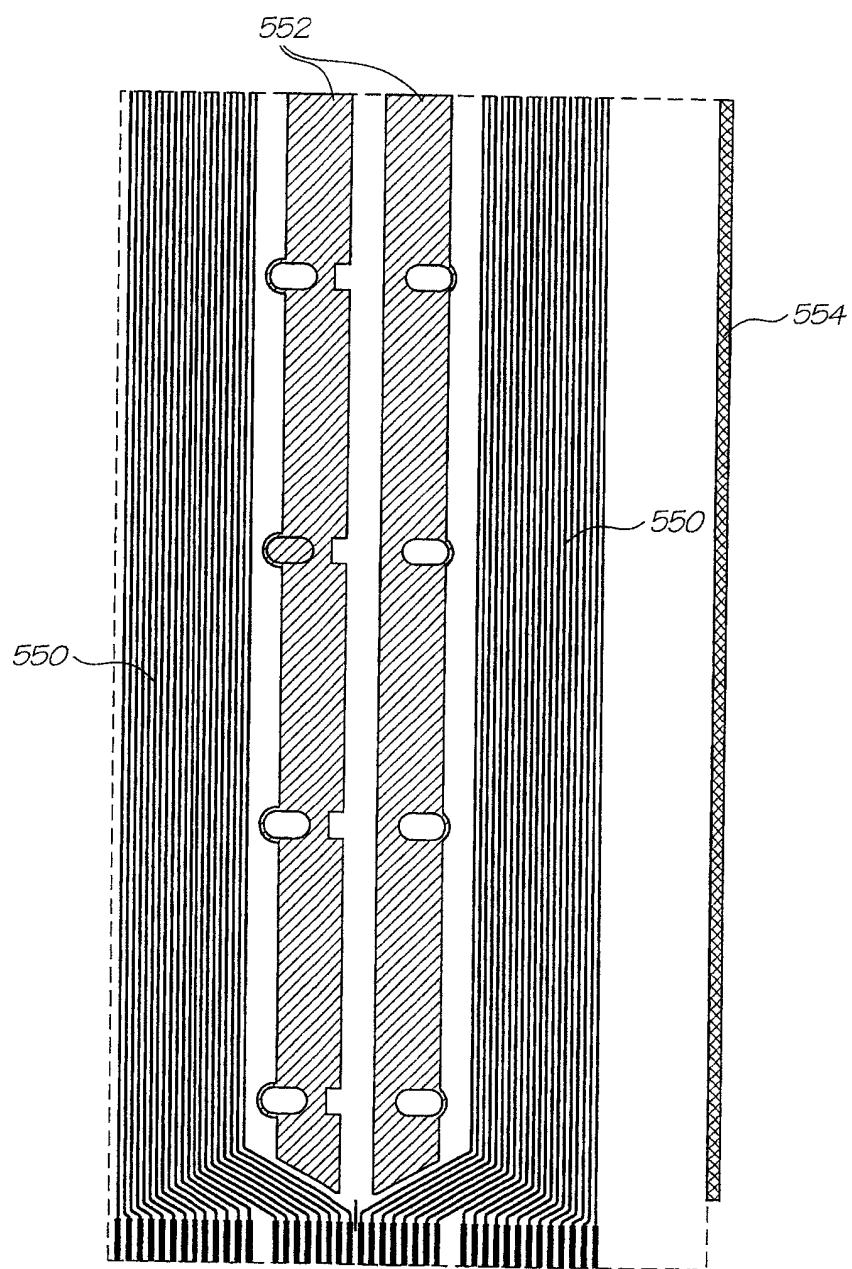


FIG. 102

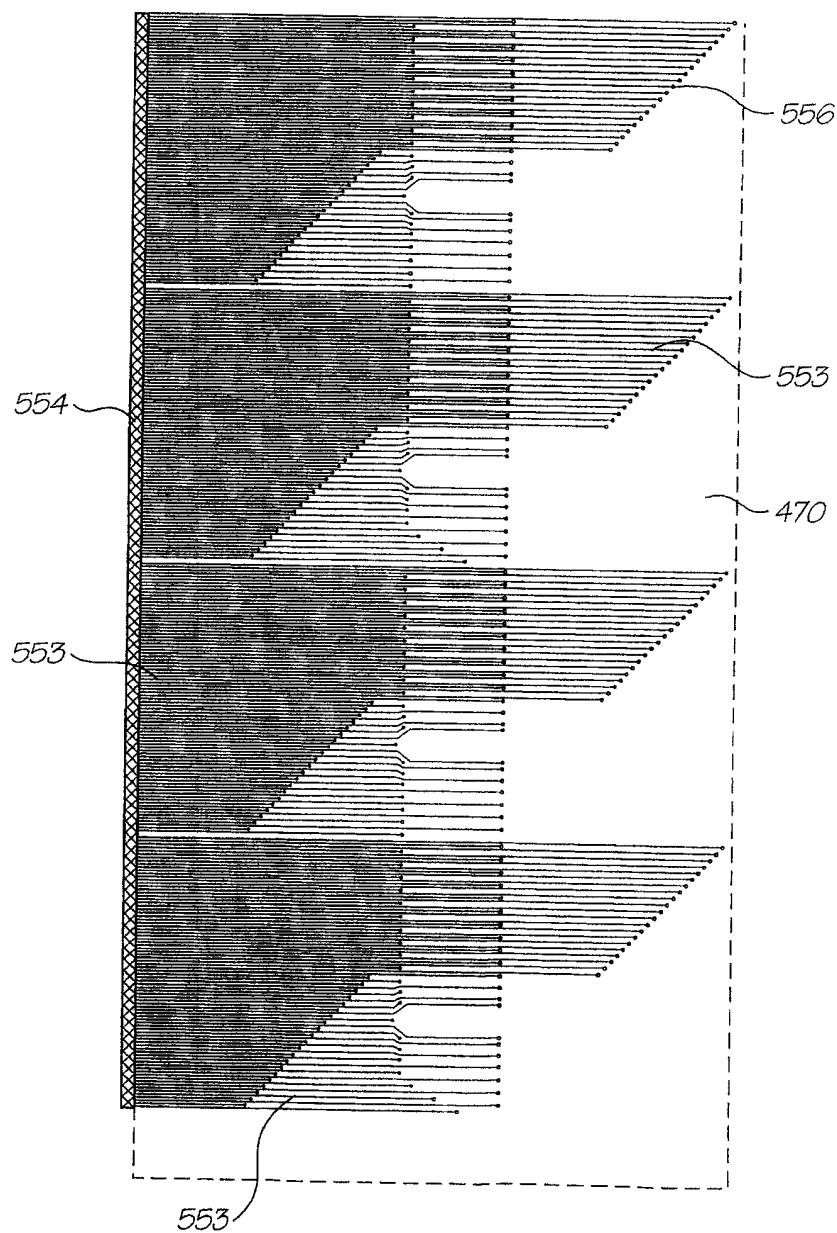


FIG. 103