

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 26/02

H01L 41/08 G02B 6/32



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01803514.0

[43] 公开日 2003 年 1 月 29 日

[11] 公开号 CN 1394289A

[22] 申请日 2001.1.5 [21] 申请号 01803514.0

[30] 优先权

[32]2000.1.6 [33]GB [31]0000126.3

[32]2000.11.13 [33]GB [31]0027745.9

[32]2000.12.4 [33]GB [31]0029439.7

[86] 国际申请 PCT/GB01/00062 2001.1.5

[87] 国际公布 WO01/50176 英 2001.7.12

[85] 进入国家阶段日期 2002.7.8

[71] 申请人 保乐提斯有限公司

地址 英国剑桥

[72] 发明人 乔纳森·霍顿·詹姆斯

安德鲁·尼古拉斯·达姆

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责任
公司

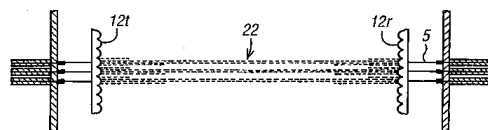
代理人 吴磊

权利要求书 4 页 说明书 22 页 附图 25 页

[54] 发明名称 光纤开关组件

[57] 摘要

一种光纤开关组件,其中的转向装置用于将发射光导发出的辐射转向选定的接收光导。每个转向装置包括一个用于从发射光导发出的光束的准直器和导致准直器和光导之间的相对运动从而偏转、或一起移动光导和准直器的致动器。致动器可以是压电的箔片型或整体型,机械杠杆可以用于增进偏转。电容感应装置提供优选用于对角开关配置中反馈控制的位置信息。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种光纤开关组件，包括：

(a) 与第二组光导分开的第一组光导，和

(b) 各个转向装置，促使从第一组光导中选定的发射光导发出的辐射光束偏转，从而被第二组光导中选定的接收光导接收；

其特征在于所述的每个装置包括用于准直从发射光导发出的光束的准直装置和用于移动准直装置或导致准直装置和发射光导之间相对移动、从而导致偏转的装置。

2. 如权利要求 1 所述的组件，其特征在于光导是一种光纤。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的组件，其特征在于准直装置至少包括一个具有焦平面的透镜。

4. 如权利要求 3 所述的组件，其特征在于透镜与光导的端部隔开。

5. 如权利要求 3 所述的组件，其特征在于透镜与光导的端部形成一体或固定，由此光导和透镜一起运动。

6. 如权利要求 3 所述的组件，其特征在于透镜固定到各个发射光导的端部，由此移动光导而导致辐射，辐射从光纤发出，在透镜的焦平面上移动。

7. 如权利要求 3 所述的组件，其特征在于固定发射光导的端部并且移动各个透镜，使得透镜的焦点相对于光导移动，由此使光导发出的辐射保持在透镜的焦平面内。

8. 如前述任一权利要求所述的组件，其特征在于转向装置包括一个用于导致运动的静电偏转装置。
9. 如前述任一权利要求所述的组件，其特征在于转向装置包括一个用于导致运动的压电传感器。
10. 如权利要求 9 所述的组件，其特征在于压电传感器是一种“箔片型”，压电传感器梳齿状阵列的指状接头连结到致动元件，如箔片带，用于产生光导或透镜或二者的正交位移，由此将箔片和梳齿组装成一个层状矩阵。
11. 如权利要求 9 所述的组件，其特征在于压电传感器是一种“整体型”，其中每个传感器由压电材料制造，有一个具有纵轴的主体，主体具有与纵轴对齐的导体带，从而限定各个压电传感器部分，这些压电传感器受到激励时在不同的径向发出各自的横向运动，由此提供在垂直于纵轴的二维平面上的最终运动；由此可以把多个这样的主体组装成一个列阵；光纤与纵轴对齐，并且既可以连结到主体，也可以收容在芯中，由此产生光纤相对于纵轴的弯曲，或者，把主体连结到准直透镜，导致其相对于固定光纤移动。
12. 如前述任一权利要求所述的组件，还包括位置感应反馈装置，用于感应移动量并提供反馈信号，该反馈信号用在控制系统中确保从发射光导发出的辐射瞄准正确的接收光导，从而进行所需的开关连结。
13. 如权利要求 12 所述的组件，其特征在于感应电容变化以确定位置；光导具有一个导体涂层，用作至少一个电容器板，该电容器板相对于至少另一个固定电容器板移动，由此给出光

导或准直装置的位置信息。

14. 如权利要求 12 所述的组件，其特征在于透镜相对于固定光导移动；透镜具有一个导体涂层，用作至少一个电容板，至少另一个电容板被固定到相邻的支撑结构。

15. 如权利要求 12-14 所述的组件，其特征在于导体轨道处于以层分布的绝缘板上形成反馈系统的一组电容板，也设置成区段，轨道在与各个光导或准直装置相连的点处交叉，在该点处的成对的导体轨道可以被查询或编址以探测电容变化。

16. 如权利要求 15 所述的组件，其特征在于采用对角寻址系统，其中连续地对对角线的点施加信号，并且从每行和每列中连续地读出电容变化。

17. 如权利要求 11 所述的组件，其特征在于传感器的整体式与机械杠杆装置共同操作，在施与光导或透镜或二者运动之前放大传感器的运动。

18. 如权利要求 17 所述的组件，其特征在于杠杆装置包括一个万向支架、一个挠性支架和一个位于压电材料传感器的主体端部和万向支架上与枢轴隔开的点之间的延伸棒。

19. 一种用在光学开关组件的转向装置中偏转光束的压电传感器，传感器为“箔片型”，其中压电传感器的梳齿状阵列的指状接头连结到致动元件，如箔片带或透镜或二者，用于产生光导的正交位移，由此可以将箔片和梳齿组成层状矩阵。

20. 一种用在光学开关组件的转向装置中偏转光束的压电传感器，传感器为“整体型”，其中每个传感器由压电材料制造，有一个具有纵轴的主体，主体具有与纵轴对齐的导体带，从而

限定各个压电传感器部分，这些压电传感器受到激励时在不同的径向发出各自的横向运动，由此提供在垂直于纵轴的二维平面上的最终运动；由此可以把多个这样的主体组装成一个纵行；光导与纵轴对齐，并且既可以连结到主体，也可以收容在芯中，由此产生光纤相对于纵轴的弯曲，或者，把主体连结到准直透镜，导致其相对于固定光纤移动。

21. 如权利要求 20 所述的传感器，包括机械杠杆装置，用于在对光导或准直装置施与运动之前放大传感器的运动。

22. 如权利要求 20 所述的传感器，其中杠杆装置包括一个万向支架和一个延伸棒，延伸棒位于传感器主体的一端和万向接头上的安装点之间，万向接头与其枢轴隔开。

23. 一种子组件，用于感应电容的变化以决定光导或准直透镜的相对位置或光导与准直装置一起相对于固定点的位置；子组件包括绝缘板上的导体轨道，绝缘板以层分布以形成反馈系统的一组电容板，或设置成区段，轨道在与各个光导或准直装置相连的点处交叉，在该点处的成对的导体轨道可以被极化或寻址以探测电容变化。

24. 一种与电容反馈传感系统一起使用的对角寻址系统的子组件，其特征在于在与光导或准直透镜相连的电容板与其它和光导相隔的电容板之间发生相对运动，光导被分布成行列矩阵，子组件还包括向矩阵的对角连续施加信号的装置和从每行每列中连续读出电容变化的装置。

光纤开关组件

技术领域

本发明涉及一种光导开关组件以及用在该组件中的用于偏转从发射波导发出的辐射的转向装置,以便将发射波导发出的辐射导向至选定的接收波导。

发明内容

本发明面临的一个主要问题是提供一种快速开关,该开关对于大数量的端口具有低插入损耗(高耦合效率和低交扰),同时形成一种易于制造的紧凑设计。涉及的问题在于提高光纤开关组件的开关能力但不增大开关的物体尺寸。本发明的至少一个优选实施例尤其是针对此类问题而设计的。

根据本发明的主要方面,光束开关组件包括:

- (a) 与第二组光导分开的第一组光导,和
- (b) 各个转向装置,促使从第一组光导中选定的发射光导发出的辐射光束偏转,从而被第二组光导中选定的接收光导接收;

其特征在于所述的每个装置包括用于准直从发射光导发出的光束的准直装置和用于移动准直装置或导致准直装置和发射光导之间相对移动、从而导致偏转的装置。

后一种配置的优点包括对于一种相当小的运动(既可以是

准直装置的运动，也可以是发射光导的运动) 都有较大的偏转以及由于较低的惯性所致的较高的开关速度。例如，在光纤的端部经受横向移动以偏转出射光束的情况下，端部具有较小的惯性，并且可以以较高的速度进行较宽的偏转。这对设计具有高的光纤封装密度的开关组件有益。

光导例如可以是一种传导激光的光纤，或由硅或气体电介质材料制成的传导红外光的光导。这些光导（例如光纤）可以分布在开关组件中，使得辐射的出射光直接在分开的发射和接收光纤组之间的空间中投射。或者，也可以把它们布置成相同的阵列，其中辐射光束从发射光纤组投向反射器，该反射器将光束返回到接收光纤。（此处通过举例的方式论及光纤，也可以以该方式论及其它形式的光导）。

转向装置例如可以包括一种压电传感器，该传感器偏转发射光纤的端部，使得辐射（从光纤发出）在准直透镜的焦平面上移动。或者，可以固定发射光纤的端部，并且可以相对于其移动准直透镜，使得透镜的焦平面围绕光纤的端部运动，产生相同的效果。或者，发射光纤的端部可以有一种与之形成一体或连结的准直透镜，使得光纤和透镜可以一起移动，从而产生相同的效果。

取代使用压电传感器，可以使用静电偏转装置，从而既可以相对于固定透镜移动光纤，也可以相对于固定光纤移动透镜。例如，可以将光纤端部的表面金属化或给予一些其它的导体涂层，以致于形成一个可移动静电“片”，该片与一个与其相邻的固定静电“片”相结合。

在用压电传感器造成移动的时候，可以是一种“箔片型”，压电传感器，该传感器的梳齿状阵列的指状接头连结致动元件，如箔片，用于产生光纤或透镜系统的正交位移。这种箔片和梳齿可以以层状矩阵的方式组装。

或者，压电传感器可以是一种“整体型”，其中每个传感器由压电材料制造，有一个具有纵轴的主体，主体具有与纵轴对齐的导体带，从而限定各个压电传感器部分，这些压电传感器受到激励时在不同的径向发出各自的横向运动。这提供了一种在正交轴向的最终运动。多个这样的主体可以组装成一个阵列。主体可以有一个与其纵轴对齐的芯，芯中收容光纤，由此相对于纵轴产生光纤的弯曲。或者，把主体连结到相对于固定光纤移动的准直透镜。

下面将要详细描述“箔片型”和“整体型”压电传感器，可以设计成比现有技术的布局提供更大的光束偏转，具有较小的惯性，在大量的光纤之间实现更快的切换并提供较高的光纤封装密度。

最好采用位置感应反馈装置感应移动量，并提供一个反馈信号。这被用在控制系统中激励传感器，以便确保发出的辐射瞄准正确的接收光纤，进行所需的开关连结。

最好采用电容性反馈系统。例如，光纤端部有一个导体涂层（做为一个“电容器板”）并相对于固定导体轨道（充当另一个“电容器板”）移动。“电容器板”一词一般是指任何元件、表面或与插入的“电介质”（可以是空气、液体或气体流，或其它的一些电介质材料）一起在固定和移动元件之间形成良

好的电容耦合的结构。

在本发明的优选实施例中，绝缘板上的导体轨道排列成层，形成位置感应反馈系统的一组固定电容板；各个光纤的移动端部具有导体涂层以形成另外的板。或者，一个导体板与透镜一起移动，另一导体板固定在光纤上。这些轨道可以垂直交叉，使得与各条光纤相关的导体轨道对可以被查询或编址，从而感应到与光纤端和透镜系统之间相对位移成正比的电容的变化。在优选实施例中，使用一种对角寻址系统，可以被选择性地激励和开关以便探测涉及光束偏转量的瞬间电容值。

当利用整体式传感器（压电材料）时，可以使棒状形状较短且较粗，由此限制与纵轴的连结。在此情况下，可以利用机械杠杆装置，在施加动作之前放大传感器的运动，所说的动作将导致准直透镜和光纤端部之间的相对运动，或移动连结有准直透镜或与其形成一个整体的光纤的端部。最好这种杠杆装置包括一个万向支架和一个位于压电材料传感器的主体端部和万向支架上与枢轴隔开的点之间的延伸棒。在后一种情形中，准直器为光纤端的一部分或与其连结，万向支架最好处于准直器主体上以提供最佳的出射光束偏转量。

附图说明

下面将参考附图对本发明的实施例进行描述。

图 1 是用于移动光纤的箔片型装置的实施例剖面图；

图 2 是整体型装置的类似剖面图；

图 3 是表示支撑光纤的箔片致动带（由压电材料致动器驱

动)的透视图;

图 4 是箔片型子组件的剖面图;

图 5 和图 6 是包括 4 个透镜的 4 端口开关组件的不同透视图,表示连结到箔片带的压电梳齿,用于在透镜的焦平面上移动光纤(为了简化解释,图中只示出了 4 个端口,实际当中可以采用多个端口);

图 7a-7d 是表示整体式致动器制造步骤的透视图,图 7e 是平面图;

图 8 表示一组整体式致动器和透镜;

图 9 是带有一个透镜阵列的整体式致动器组的剖面图(当使用六角阵列的光纤和致动器时);

图 10 表示用在反射型开关组件中的图 9 所示的子组件,其中反射型开关组件中的辐射通过半镀银反射镜投射到 CCD 上;

图 11 表示用在透射型开关组件中的图 9 所示的子组件,其中透射型开关组件中的辐射从发射光纤直接通向接收光纤,图 11a 和图 11b 是进一步解释的简图;

图 12 是表示电容感应配置的剖面图;

图 13a-13b 表示电容感应的另一实施例;

图 14 是电子元件简图;

图 15 表示下面详细解释的对角线开关技术;

图 16 表示连结的光纤和一体的准直透镜;

图 17 表示整体型准直器布局;

图 18 表示准直器的万向支架;

图 19 表示另一种万向支架;

图 20 表示倾斜万向支架和准直器的放大效果；

图 21 表示准直器的万向及平移支架的箔片型连结结构的具体部件；

图 22 表示三角形阵列上压电管型致动器阵列；

图 23a 和 23b 是利用活动透镜和固定光纤的实施例侧视图；

图 24 是利用活动透镜和固定光纤的后一种实施例立体图；

图 25 表示一组图 24 中所示装置的布局；

图 26a-26e 表示五层 64 端口箔片型开关组件的平面图中五个不同箔片设计的实例；

图 27 是压电梳齿致动器的透视图；图 27a 详细表示电子连接器，图 27b 表示图 27a 所示压电梳齿致动器的具体连结；

图 28a-28e 表示五层压电梳齿阵列和箔片布局的每个不同的平面图；

图 29 表示开关（包括 64 个端口）的子组件（箔片型），和

图 30 表示开关子组件（箔片型）的后视图；

图 31a-31c 是整体型致动器的子组件立体图；

图 32 和 33 均表示另外的开关组件；和

图 34 表示与隔开的发射和接收光纤一起使用的图 38 所示的两个组件。

具体实施方式

图 1 表示例如可以用于移动光纤的“箔片型”装置。在每个装置中，压电传感器元件 1a、1b；2a、2b 形成各组固定于

支撑单元 3 一端的梳齿结构的指状接头。指状接头的端部固定到各个箔片 4a、4b，成对的梳齿状结构位于各个光纤 5a、5b 的相对侧。每个光纤、如光纤 5a 通过粘结剂 6a 的垫圈或光纤被金属化之后采用的焊料连结固定到箔片 4a 上。压电传感器元件 1a、1b；2a、2b 在相同的方向弯曲（平行），从而向各个光纤实施“推/拉”运动（在两个正交方向其中的一个方向上）。其它的压电材料元件（未示出并且垂直于前面的元件分布）在类似的方向弯曲，从而向各个光纤实施“推/拉”运动。结果提供给光纤具有在正交方向两个运动自由度。因此，通过光纤 5a 并离开端部 5a' 的辐射可以在 x-y 平面上任何地方偏转。“辐射”可以是激光，或者是从 LED 发出的光，但也可以是其它形式的电磁能量。

图 2 表示“整体型”结构，其中每个压电传感器元件 7a、7b 有一个柱状或棒状主体，其中心芯沿收容光纤 5a、5b 的纵轴。每个压电传感器元件 7a、7b 的一端牢固地固定到支撑单元 3，做为主体相对于纵轴弯曲的结果，自由端可以自由移动（解释如下）。附图还表示与压电元件的电互连 8a、8b。与利用箔片型一样，离开端部 5a' 的辐射被光纤 5a 在 x-y 平面偏转。

图 3 详细表示改型的“箔片型”结构放大图。在此情形中，每个箔片处于带状形式，如彼此垂直延伸并终止于衬垫 9c 一端的 9a、9b，光纤 5a 穿过衬垫 9c 并通过衬垫粘结剂 6a 或如果光纤被金属化之后使用的焊料连结固定。图 3 表示三种不同的配置，即带状箔片 9a、9b 在不同的地点（并在 9b 与衬垫交接之前形成两个直角）与衬垫 9c 交接。带的另一端连结到压电材

料梳齿状结构的指状接头 2c、2d。这些指状接头对带状箔片在两个正交方向 x-y（如图所示）的每个方向实施运动，由此使得各个光纤 5a 的端部在这些方向移动，偏转从端面 5a'、5b'、5c'发出的光束。

图 4 是一个立体剖面图（旋转了 90°），表示一组穿过支撑结构 3 的光纤 5，每个光纤被固定到各个箔片 9，以箔片堆的形式分布在隔开的层中（未详细示出）。每个箔片连结到压电梳齿结构 2e 的各个指状接头，该结构安装在支撑结构的支撑板组件 3a 中。带状缆 10 连结到压电致动器以提供激励。

图 5 和 6 表示压电梳齿结构 2e 如何连结到箔片结构 9，箔片结构 9 连结到各个光纤 5，由此促使光纤的端部在各个透镜 12 的焦平面中移动。为了简化附图和解释，图 5 和 6 表示只有四个透镜的 4 端口结构。当然，对于“n”端口开关中的“n”个光纤，组件可以有“n”个透镜元件，“n”为具体应用中所需的“n”个端口数。透镜 12 被支撑在还支撑电容位置传感器的区块 13 中（解释如下）。

图 7 表示“单体式”压电材料传感器的制造期间的四个阶段 7a-7d。第一阶段 7a 表示具有总的柱状形状的压电材料主体 7。第二阶段表示成对的 V 形切谷 V1, V2, V3，切谷形成凹槽，这些凹槽确定三角形截面 15a、15b、15c 的中心柱 14 和三角形截面的外围细柱 16a、16b、16c。然后在 7c 阶段用低熔点合金 17 填充这些凹槽。最后，制造如图 7d 所示的进一步的切谷 S 以便确定在中心柱 14 的三角形面上以隔绝的导体衬垫 18 的形式的三个互连。这些衬垫由于被各个切谷 S 打开的间隙 19（压

电材料的)而沿每个侧边的长度相隔。对每个衬垫的电输入导致中心柱 14 弯曲并弯折光纤。图 7e 所示的平面图表示激励时被每个衬垫 18 实施的运动“d”。通过这些衬垫的适当激励,可以实现最终的运动,在 x-y 轴向移动柱 14。在压电材料的主体中沿纵轴钻出的穿孔 20 收容图 2 简图所示的光纤。

可以通过(a)在激发之前模制压电材料柱 14 并(b)通过涂覆连结衬垫 18 制作类似的结构。此柱可以是中空的或实体,并且有不同的截面形状。

图 8 是一组整体式压电传感器元件 7 的透视图。每个传感器支撑一个光纤 5, 光纤终端在透镜 12 的焦平面移动。该图表示在六角形/三角形布局中的光纤, 但也可以采用正方形阵列。

图 9 是三个整体式压电传感器元件 7 的剖面图, 其中每个传感器安置在支撑光纤 5 的基板即支撑单元 3 上。把它们表示成在板 3 的左手侧上有包层 19, 并且表示成延伸过传感器元件 7 的光纤, 传感器元件 7 在接近透镜阵列的每个准直平凸透镜 12 的端部 7a 终止。还可以使用一个双凸透镜阵列。此间隔由间隙 21 表示, 其分布成从每个光纤端部发出的光处于各个透镜的焦平面。还表示具有连结到传感器元件 7 的连结线的连结器 20。

图 10 是组装期间用于校准的组件简图。图中表示从每个透镜 12 输出的光束 22, 光束首先通过部分反射镜(如多层电介质层堆叠或半镀银) 29, 部分光束透射到 CCD 装置 23 并且部分反射光束。光束直射到 CCD 23 表面上的位置可与用于激励压电传感器的信号的存在与否有关。同样, 从发射光纤发出的被

反射镜 29 部分反射到接收光纤（处于相同堆叠中）并且部分入射到 CCD23 表面上的光束偏转位置可以与用于激励压电传感器从而导致不同偏转的瞬间信号有关。这样能够得到传感器驱动信号用于正确地瞄准并转动光纤的端部，使得输出光束到达它们的正确目的地（即工作开关中选定的接收光纤）。例如，可以利用查表记忆理想的光纤尖在每个端部的位置以便产生所需的光纤-光纤耦合（即发射器和接收器端口之间的交叉连结）。这样能够使得组件做为一个开关工作，并且使得组件可逆转（即发射光纤也可以是接收光纤，反之依然）。

图 11 表示可以在操作中类似地校准且使用的不同布局，其中离开透射准直透镜组件 12t 的光束 22 被接收透镜组件 12r 接收，光束聚焦到整体式结构中的各个光纤 5 上。可以参照直线穿过并被偏转的光束类似地校准激励信号，因为透射光束将被各个不同的光纤接收。这种配置是完全“可逆转的”，因为“发射器”可以是“反射器”，并且反之依然。

参见图 11a，注意：

- i. 开关中的每个光纤与一个小的准直透镜相连
- ii. 光纤尖防止在每个透镜的焦平面
- iii 如果光纤被激励，将产生一束准直的高斯光束，因为光将从焦平面中的光纤尖发出并被透镜会集和准直
- iv 焦平面内每个光纤尖的运动导致准直光束的有效角摆动
- v 总而言之，任何到达目标透镜的准直光束将聚焦到目标透镜焦平面中的一个点
- vi 如果把光纤尖防止在限定在 (v) 内的点，则光将耦合到光

纤中

(iii) 和 (vi) 的结合运行光纤与光纤耦合。从一个光纤发出的光可以通过 (iii) 转变成一个定向的准直光束。通过移动激励的光纤尖 (“光源”)，则可以布置成会集入射的准直光束并由此建立光纤-光纤耦合条件。因为光纤系统对称，所以 “光源” 和 “目标” 光纤尖可以互换使用，并且在耦合的倾斜中，光可以在两个方向中的任何一个方向上透射。

利用下列步骤执行校准：

1. 二维研磨每个光纤，并且对于每个光纤设置回射电容值
2. 将每个光纤顺序移动到 CCD 上的位置，利用回射校准参考点
3. 对于每个光纤与光纤，优化 $2x$ 和 $2y$ 平均电压以达到最大耦合
4. 利用 128 根光线（每端 64 根）可以有 $64x/y$ 的储存容量值，即 16,384 个。这些内容储存在开关的非易失性存储器中并用作所需开关组件的目标容量值。

这些步骤既可以针对反射式设计，也可以是气体的直通式设计。

参见图 11b，存在一个光纤尖的最佳停置位置，这对于系统非常有利（包括最佳耦合率）。

没有有效的偏转（即，没有给压电致动器施加电压），则从每个光纤尖发出的准直光束将理想地瞄准目标透镜阵列的中心（或通过反射，瞄准折叠系统中光源阵列的中心）。此目的是将所需的双极光纤尖平移（从停置位置）减小到大约阵列尺

寸的一般。

光纤尖 Z 位置必须处于透镜阵列的焦距之内以确保高质量的准直光束。所以的光纤尖必须处于透镜阵列玻璃基底背面之后的由透镜阵列的焦距限定的范围之内。

光纤相对于透镜阵列的角度理想的应该为 90° 。任何与垂直的几何形状的太大偏差都可能对耦合率有不利的影响并限制可调整性。

为了感应每个单根光纤的位置，箔片型或整体型（用于通过传感器驱动信号校正偏转），在光纤的每个活动端部（被导电材料涂敷以形成一个活动板）和气体的相对固定板之间进行电容耦合。此涂敷光纤阵列可以在电容式传感器读取单元的类似阵列内对齐。阵列既可以是六角形也可以是正方形；以确保最大的封装密度。阵列尺寸可按照最大的光纤量（ >1000 ）来升级，适于未来在光纤通讯应用中多输出端口的光交叉连结。

光纤的位置通过光纤和电容式传感器板之间的电容耦合测量来决定。因为电容反馈决定光纤相对于透镜阵列 12 的位置，所以电容反馈安装单元刚性地连结到透镜阵列，从而确保光纤与透镜中心的精确校准。（另一个实施例采用固定光纤和活动透镜）。电容式传感器板读取单元既可以按图 12 形成，也可以按图 13a 和 13b 形成。

图 12 表示由穿孔板形成的传感器读取单元在绝缘板材料 30 中穿孔的方法平面图。绝缘板材料可以是印刷电路板或其它的绝缘材料，如陶瓷。传感器孔分成四个绝缘的扇形体，称作“北”、“南”、“东”和“西”（N, S, E&W）。用适当图案

化的点轨道 31N, 31S, 31W, 31E 对这些四分扇形体电连结。每个（涂敷的）光纤向下通到传感器孔的中心。

图 13a 和 13b 另一实施例的剖面图，其中 N, S, E 和 W 电容式传感器板由与孔阵列平行的导体轨道 31N, 31S, 31E, 31W, 的垂直阵列形成，光纤 5 穿过孔阵列。NS 和 EW 的电容式传感器轨道分布成平行阵列，两个平行阵列彼此垂直。NS 和 EW 传感器阵列通过绝缘矩阵材料 33 的夹层彼此绝缘。每个传感器层上下的研磨的平面层 32 用作防止环境电磁干扰屏。注意，图 13 和 13b 只表示两层 NS 和 EW 传感轨道。可以通过增加传感轨道（层）的数量实现增强的电容式反馈敏感性。

图 12 的配置导致在光纤 5 和传感器板之间较大的电容耦合，而图 13a 和 13b 则固有的易于制造（但要实现 NS 和 EW 传感轨道之间充分的电容耦合，需要垂直阵列的这种轨道）。

对每个光纤上的导体涂层施加 AC 电压，一般在音频频率。然后利用适当的低噪音放大电流探测耦合到传感器板的最终 AC 电压，如图 14 所示（类似的组件由相同的标号表示）。在传感器板上产生的 AC 电压正比于传感器板和光纤导体涂层之间的电容耦合。这依赖于光纤与传感器板的本地距离。来自 31N, 31S, 31E 和 31W 的信息组合给出关于光纤本地位置的信息。

通过把 N 和 S 传感器板上探测到的电压耦合到一个差分低噪音放大器 35 的两个输入端来实现增大的位置精度。因而当光纤移近 N 板时，N 板探测到的信号增强，同样，S 板的探测信号减弱。对放大器施加实施差分。对 E-W 板使用类似的配置。

未来能够探测到在较大的光纤阵列中每个光纤的特有位

置，需要对每个光纤施加 AC 信号。这种配置不适于数目很多的光纤。因此我们优选采用这样一种方法，即可以通过在这些光纤的对角行之间选择切换而探测光纤阵列的特有位置。在图 15 中有详细的展示。通过给对角行连续施加 AC 并通过从水平行和列中连续读出电容反馈信号，可以实现唯一的编址。下面将对此进行详细描述。（此种对角开关可以独立地使用，即可以用在其它的开关组件中）。

对对角阵列的光纤施加一个 AC 激励信号（如图 15 所示）。对于一个 64 根光纤的开关阵列，有 15 个对角线，但通过使用一个正交分布的垂直和水平阵列的电容式反馈传感轨道，可寻址的对角线数目减到正好为 8。利用图 15 对此进行解释，图中表示 64 元素的阵列，但下面的分析可应用到任何可升级阵列。在图 15 中，对角线是 A, B, C, D, E, F, G 和 H。例如，水平行 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 和 7，从上到下的第三根光纤和从左的第五根光纤由 C2 表示。

对角阵列 A 利用沿对角线的所有 8 个光纤。但是，对角阵列 B 利用 7 根这种光纤（B0-B6），因此此对角线连结到光纤 B7（左下脚）。类似的对角线 C 包括六个此光纤元素（C0-C5）并连结到光纤元素 C6 和 C7。重复此过程，使得所有的对角线包括 8 个元素。（但是，此连结系统可以是任何大小的阵列）。例如，将利用 16 条对角线连结包括 16 行和 16 列的 256 的光纤的阵列。由此产生的 N 光纤阵列包含方根（N）对角线。

参见图 15 所示的 64 光纤阵列，正交电容器传感轨道的 8 行和 8 列每个都连结到 8 个平行的差分放大探测电路，使得同

时沿所有的行和列传感电容；每行 1 个探测电路，每列一个探测电路。电容器轨道不需要正交，也可以是其它的角度，只要轨道交叉即可。因为激励信号沿对角线施加并且一次只施加给一条对角线时，所以当通过电容反馈电路探测时，一行或一列中只有一个元素产生电容反馈信号。因而对于当前 64 个元素的情形，对于每个对角线激励，从每行和每列中并行读出 8 个电容反馈信号。输出端连结到 8 通道 ADC 单元，一个连结到行一个连结到列。

还注意到，对于非常大的阵列，利用电容反馈系统传感所有元素的时间受到激励并扫描对角线所需时间的限制。可以通过将较大光纤阵列次分为子部分而实现加快的开关时间，此处例如，256 个元素可以分成 4 可较小的单独的读取阵列。这种方法适合于任何阵列大小。

未来提供进一步的改进，可以将准直透镜与光纤的端部连结或形成一体以提供出射光束较宽的角分布。在此情况下，透镜和光纤移到一起，简化能够对大数量的出口端实现快速切换的设计。这种准直透镜可以与其它的开关组件独立使用，但它们尤其适于在与上述小型化的“箔片式”或“整体式”压电材料传感器一起使用。

因为光纤端和透镜阵列可以导致背反射（甚至当所有的面都被涂敷多层电解质抗反射涂层时），所以会招致一些信号损失。另外，光纤末端与准直光学元件之间的耦合效率精密地依赖于光纤端位置保持在透镜焦平面内。准直的光纤可以用于处理此问题。可以通过利用准直的或整体透镜化光纤端（图 16a

和图 16b) 代替光纤端和透镜阵列而相当多地减小光学开关系统内的插入损耗和背反射并且简化结构。

商业上可以得到准直光纤 40, 这种光纤把一个准直透镜 40a 连结到单模光纤 5 端部分。

也可以用整体透镜化的光纤 41 代替准直器 40 以用于在此讨论的所有应用。整体透镜化的光纤通过形成一个微透镜的方式处理光纤端而形成 (整体透镜光纤系统目前可以从一些光纤系统的制造商处获得)。在本开关应用中提供的这些技术的优点在于不用结合额外的分散的光学元件如透镜阵列就可以使光纤端发出的光准直且平行。

整体透镜化的光纤还可以通过将适当的透镜与光纤端胶合而制成。在所有的情形中可以采用涂敷的或未涂敷的元件。基于 $N \times N$ 光纤开关的准直器 (即 N 个输入端口和 N 个输出端口) 具有低插入损耗、优良的交扰性能和良好的偏转独立性等优点。

或者可以实现这样的光纤开关, 其中准直的或整体的光纤端基座组合到 $N \times N$ 开关矩阵中, 由此排除上述另一种开关结构中使用的透镜阵列 12。

在使用电容反馈 (如上所述) 决定准直器位置的时候, 对准直器的外表面金属化并给予一个导体薄膜涂层。

与准直器的连结可以利用金属化的光纤, 并且电容反馈可以用于测量准直器外表面而非金属化光纤之间的电容。但是, 如果使用整体透镜化光学元件, 则用电容耦合测量传感器 pcb 和金属化光纤之间的电容。

图 17 表示光纤端上准直的或整体透镜如何可以组合到整

体式压电光纤开关中的简图。这是一种简化的妨碍，其中透镜阵列 12 由准直器 40 或整体透镜 41 代替。虽然在图 17 中未示出，但整体式压电致动器的顶部和准直器之间的光纤长度可以增大。

为了在光纤端部实现准直光学元件较大的角摆幅，可以在万向安装架 42 上安装，使得准直器 40 可以如图 18-20 所示地绕其中心点转动，提供在 x-y 轴 43 的运动。最好使用一种将准直器连结到图 19 和 21 中所示压电致动器延伸臂的挠性连结。万向接头和挠性可以通过包括带图案的箔片在内的各种方式制造。图 21 表示与万向接头配置耦合的箔片的使用如何用于倾斜准直的或整体透镜光纤端。在此情况下，万向接头配置也可以利用有图案的箔片结构制造。

图 19 和图 20 表示准直器安装方案的一种改型，其中楔形件 44 形成压电管 8 的延伸。该延伸件提供机械方面的优点，即提供准直器基座比单独的压电管扫描器更大的 XY 运动。延伸件由此给予压电致动器的运动以机械方向的优势。（出射束如图 19 中的 45 所示）。压电致动器延伸棒 44 做成楔形以减小机械系统的振荡频率。

此设计的一个关键特征在于延伸棒 44 提供在准直器基座的 XY 平面中的横向运动比单独由未延伸的压电致动器提供的更多。此特征的优点在于对于一个给定的压电运动准直光束可以摆动一个较大的角范围。这一点是很重要的，因为它为准直器发出的最终光束提供了一个很宽的可寻址范围，因而能够建立更大的开关阵列（即较大的 $N \times N$ 开关尺寸 - 较多的出口端

数)。

对于整体式结构，光纤通过压电管扫描器的中心。对一个 $N \times N$ 开关单元 (图 22) 复制 N 次完整的单元，图 22 只表示阵列轮廓既可以是正方形也可以是六角形/三角形的压电致动器。

单独的压电致动器通过模制、激发和/或整体式压电材料的连续锯切以及随后形成电连结图案而形成。

图 20 表示光纤致动器组件的位移 (放大的简图)。在此图中未示出光纤 - 光纤穿过压电管致动器 8 的中心。

准直器万向接头和挠性安装架可以多种方式制造，一种常规的方式是利用带图案的箔片。图 21 表示一种制造万向安装架的方法。也可以用弯曲型箔片配置制造挠性安装架。

图 23 表示整体式压电材料致动器的另一实施例。在此实例中，光纤 5 (显示有适宜角度的弯曲) 在安装区 52 中保持固定，安装区还支撑电子互连和电容传感板 (分别与固定光纤和获得透镜相连)。这些穿过透镜移位并提供反馈控制信号 (如上所述)。透镜 50 由一个经连结杠杆 53 连结到整体式压电材料致动器的透镜安装架 51 支撑。图 24 所示的立体图表示能够自由运动的间隙孔 54。图 25 表示安置在刚性支撑板上的多个致动器和用于提供驱动连结的 PCB 55。如图 23a 所示，例如延伸棒 7 终止在楔形部分 53 和连结到透镜安装架 51 的柱形棒部分 57。(也见图 24) 此配置尤其有利，因为准直透镜 50 可以有一个导体涂层，用作电容器板，并且易于相对于固定安装区 52 定位，在该安装区上可以设置另一个电容器板 (如以面对的关系)，从而做为电容改变的结果，提供位置反馈信息。另外，此配置

允许组件片状形式方便地位于电容传感支撑结构上，与参见图 13a 和 13b 的所述相同。这从图 29 和 31 - 34 所述的子组件中可以更清楚地看到电容传感系统包括在支撑结构或区域中以片状形式组件的平板导体轨道，这样可以方便地支撑开关组件的其它组件。这样给电容传感器提供紧凑及便于制造的坚固结构的优点。

图 26a-26e 是 64 出口的箔片型开关组件的箔片设计平面图。在光纤束的子组件中以彼此分开的层状形式分布。

图 27 是箔片型开关设计中压电梳齿结构 2 的透视图，表示分开各个致动器 1 的切谷 60 和金属化的连结端子 61、62 和 63。图 27a 表示梳齿结构 2 的指状接头如何连结到平板挠性连接器 2' 的各个导体轨道。压电梳齿包括形成各个公共 +V 和 -V 平面的外层和形成控制 V 平面的内层。

参见图 27b，该图表示用于增强压电传感器寿命特性的优选偏压驱动。它实质上包括从来不以将会去极的方式驱动每个半压电双晶片。偏压驱动因而延长上装置的寿命。另一个优点在于可以极大地减少与压电梳齿电互连的数量。本质上，对于梳齿所有元素的上电极多做成公共的，对梳齿所有元素的下电极也都做成公共的，只有元素的中心电极需要独立控制。因而，对于 8 个双压电晶片的梳齿，只有 $8+(10)$ 个电互连而非 $8+8+8$ (24) 个。

图 28a-28e 表示压电梳齿阵列的每一层以及如图 26a-26e 所述的箔片布置的平面图。它们被组装成如图 29 和 30 所示的开关组件。图 29 表示 5 个箔片堆 64，由带状缆 66 制成与其电

互连的支撑板 65 中的压电梳齿 2，安装在支撑结构 67 中的元件。光纤阵列 5 中心穿过结构 67，也如图 30 的后视图所示。

图 31a 和 31b 是整体式开关组件的剖面透视图，其中整体式管状压电致动器 70 偏折金属化的光纤 71，该光纤终止于（或邻近于）安装在电容传感反馈板 73 中的准直器 72 中；由延伸杠杆 74（图 31c 中所示的放大图）施加的机械杠杆作用（如图 20 所示）。

图 32 和 33 表示在完工的后阶段的箔片子组件，图 34 表示彼此相隔一个间隔的两个子组件，其中光束在该间隔中投射。

补充:

下面详细描述制造整体式压电传感器的方法实例，用于使光纤转向的所有电连结将沉淀连结到陶瓷的边缘，并且给三个连结端提供电压以进行驱动。

第一步：在陶瓷基座上布局互连。在边缘周围的连结沉淀的阵列之外有两个金属化层。

第二步：印刷并烘烤有粗糙图案的低温陶瓷丝网。

第三步：电镀图案中的孔，连结到下面的互连处。

第四步：利用低熔点合金将适于金刚石切谷而用于喷墨打印头的压电板坯连结到陶瓷基座。

第五步：对（清洁的光纤芯）钻孔。

第六步：第一六角形切谷切割步骤（图7）

第七步：电镀或深度蒸发纵行的侧面。还电镀或蒸发光纤孔以及陶瓷的背面，用作与光纤孔的接地连结。如果需要，对纵行的顶部去金属。

第八步：在油中极化压电，在纵行中产生径向极化。

第九步：第二组六角形切谷产生最好的纵行（图7）。如果是电镀而不是蒸发，则需要进一步地切谷以减小金属厚度。导线连结或焊料填充电连结器。

第十步：用夹紧上述平板定域格栅的装置熔滴纤芯（已经制备了端部）。在UV固化环氧树脂中熔滴并暴露每个光纤。

第十一步：连结并聚焦微透镜阵列。

第十二步：背靠背相配阵列或反射镜。将纤尾连结到连结器。

在给定光纤的六角形阵列中可得到的数个光纤能弯曲 n 次，与中心点分开的斑数是 $n(n+1) * 3 + 1$ ，即 ± 10 斑点大小的偏转能力接近 334×334 非阻抗开关。为了实现该性能，应该使用正确的路径长度。

在实现最佳性能所需的有限延伸高斯光束中透镜阵列的质量是很重要的。给出一个高数值孔径和小视场的透镜，由沉积的多层硅并再回流建成的单抛物面表面形式产生良好的结果。

响应时间由纵行附加光纤的振荡频率设置。光纤越短越粗，响应越好（与最大位移的所需相反）。朝着顶部纵行变轻较好。

利用此径向极化系统的径向极性以及在三个侧边和中心之间施加电压来实现偏转。使用切变模式偏转避免了再极化的需要（可以使用整个厚度上的预极化），但偏转降低很多。利用在厚度上多极化层的堆叠获得最大偏转，但这需要多层。

通过利用部分透射的反射镜和放在其它光纤组件将通过的位置中的 CCD 可以有助于在对照反射镜结构的单个组件中的对齐。此结构如果需要可以在线使用，或者有助于电子元件了解

所有光纤的所有位置正确的驱动电压。

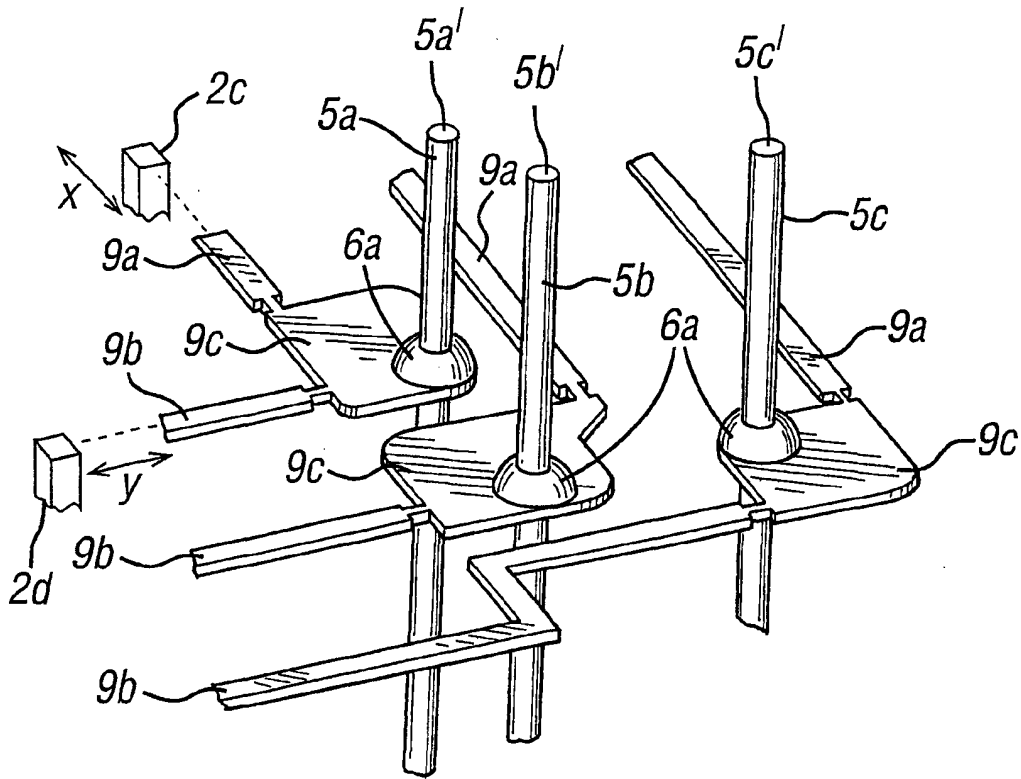


图3

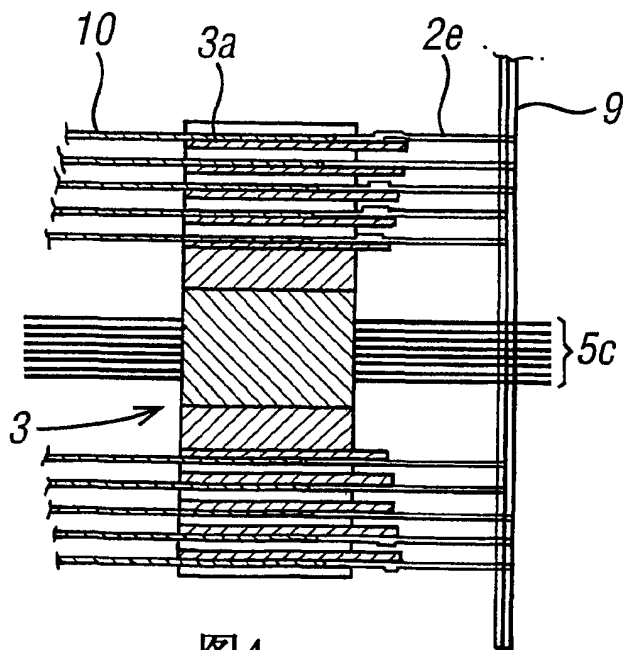


图4

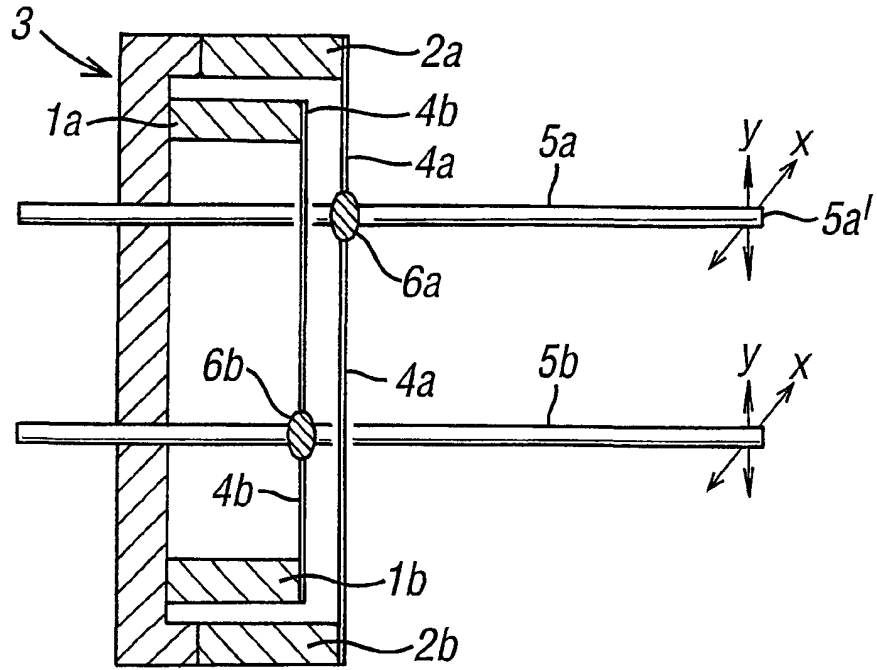


图1

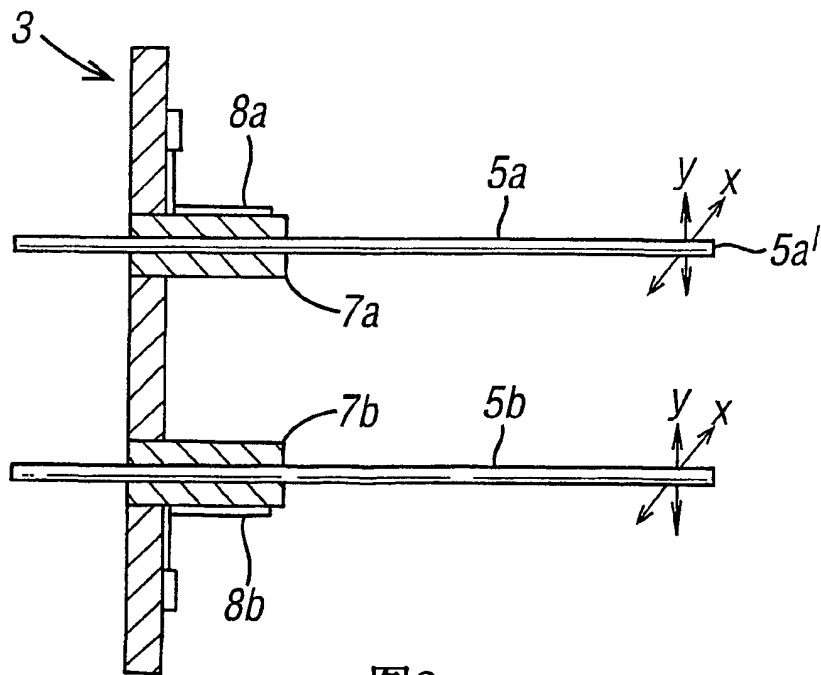


图2

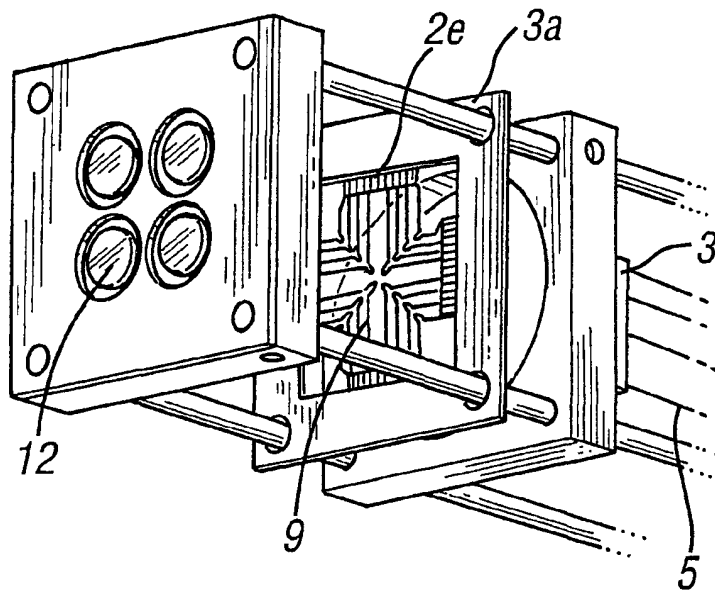


图5

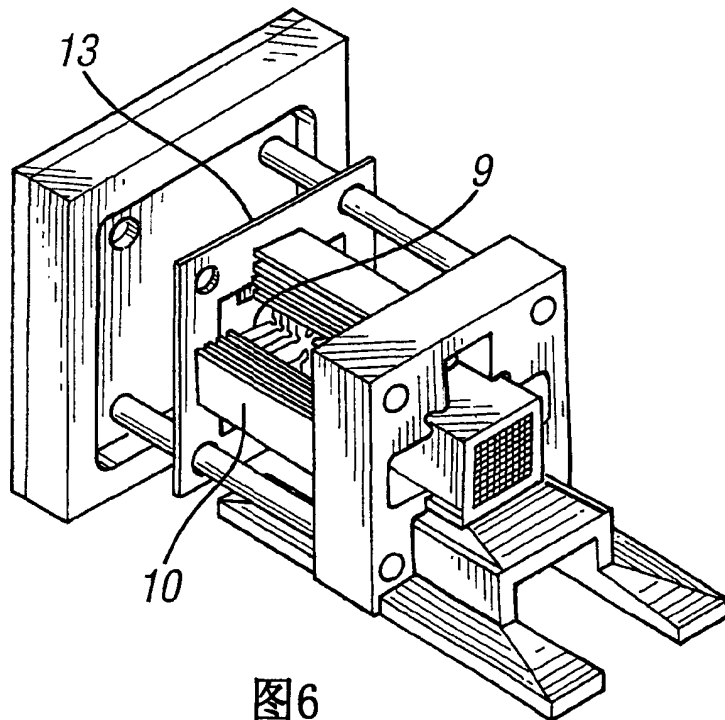


图6

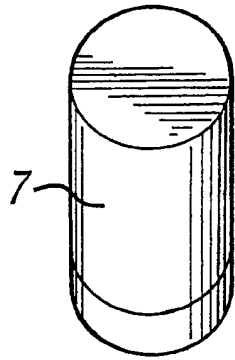


图7a

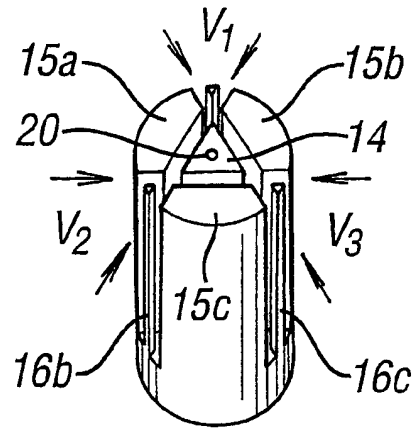


图7b

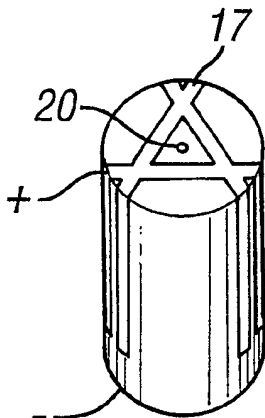


图7c

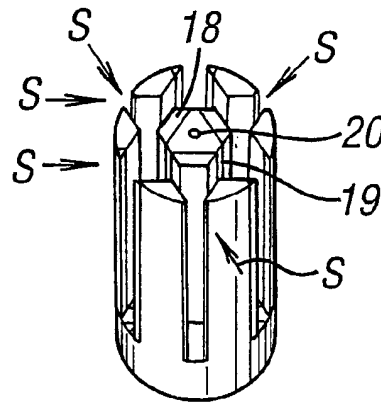


图7d

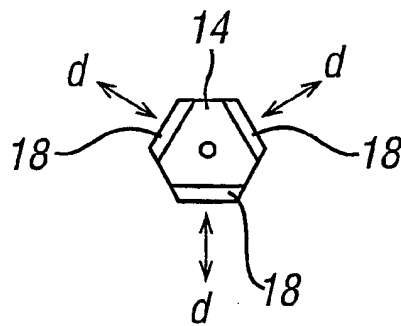


图7e

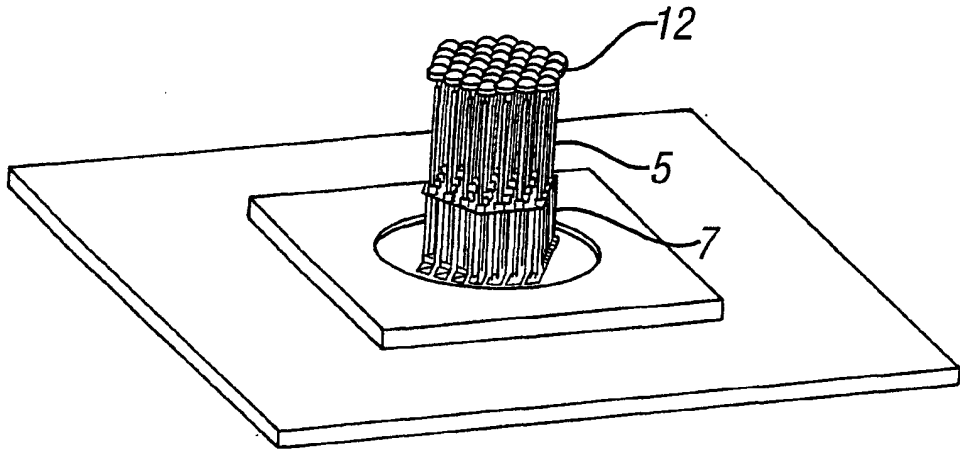


图8

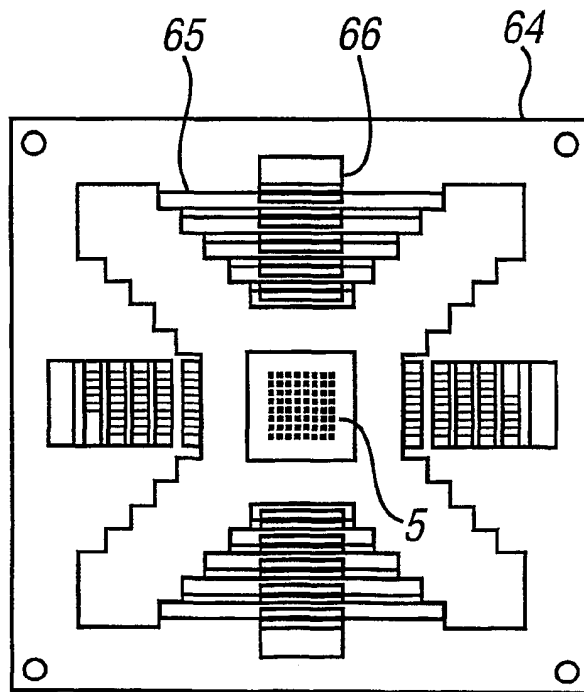


图30

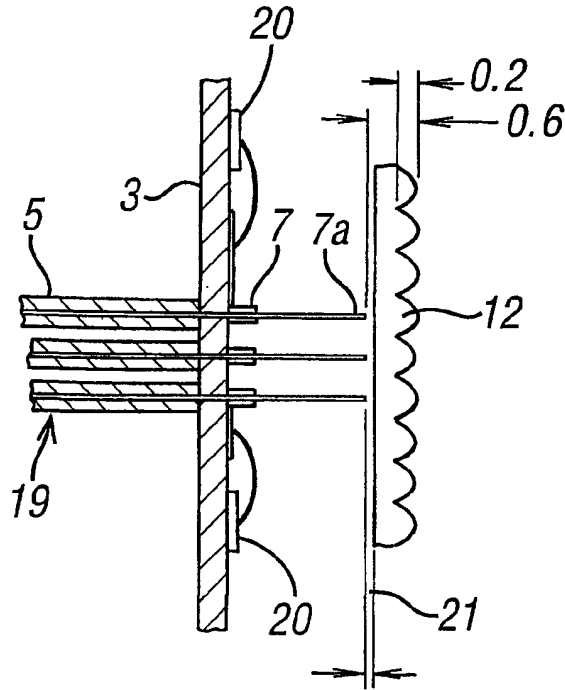


图9

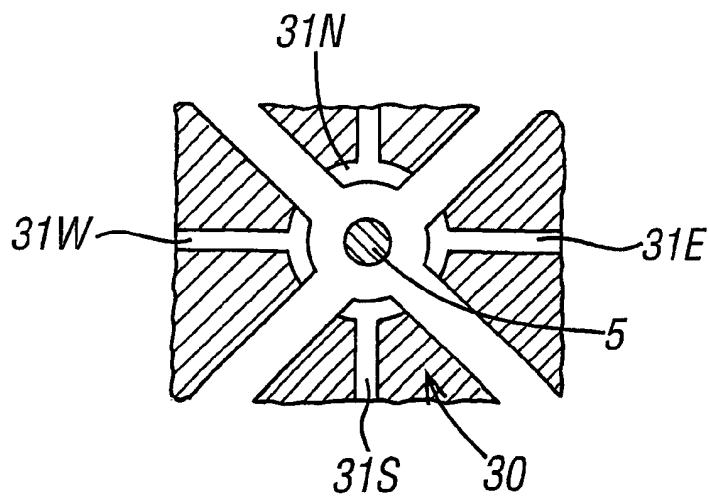


图12

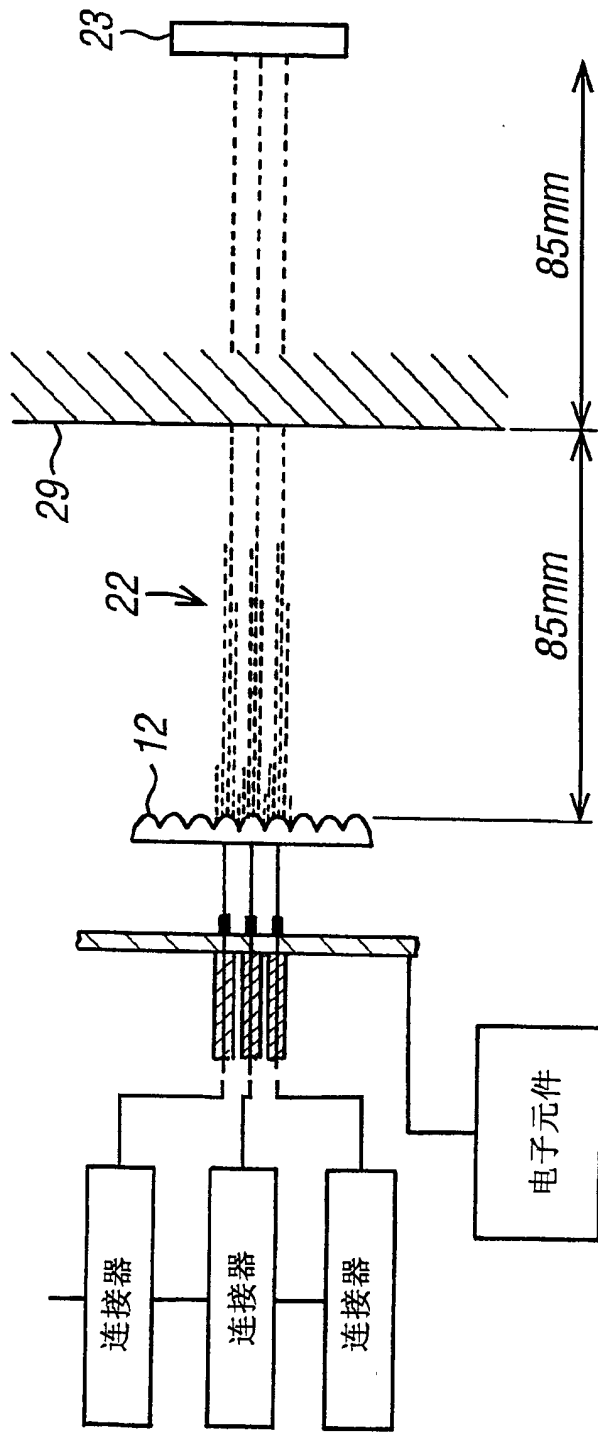


图10

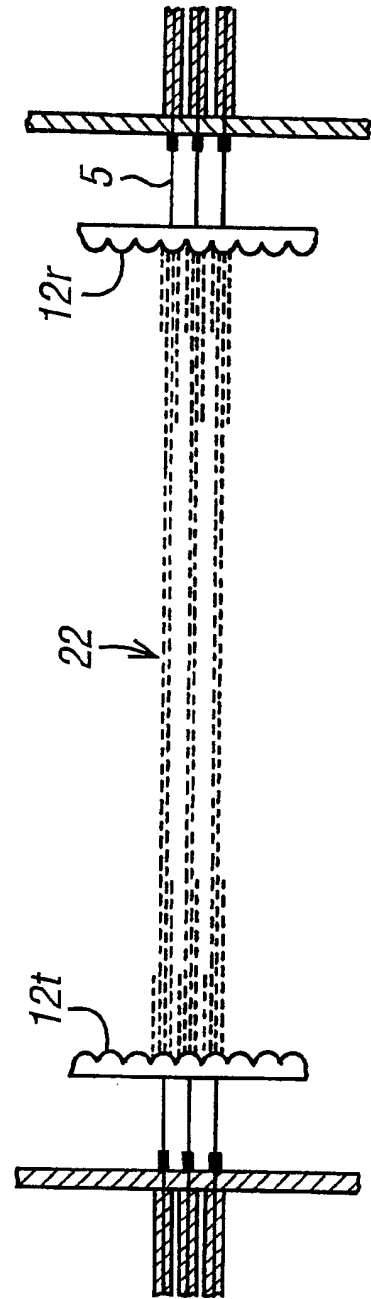


图11

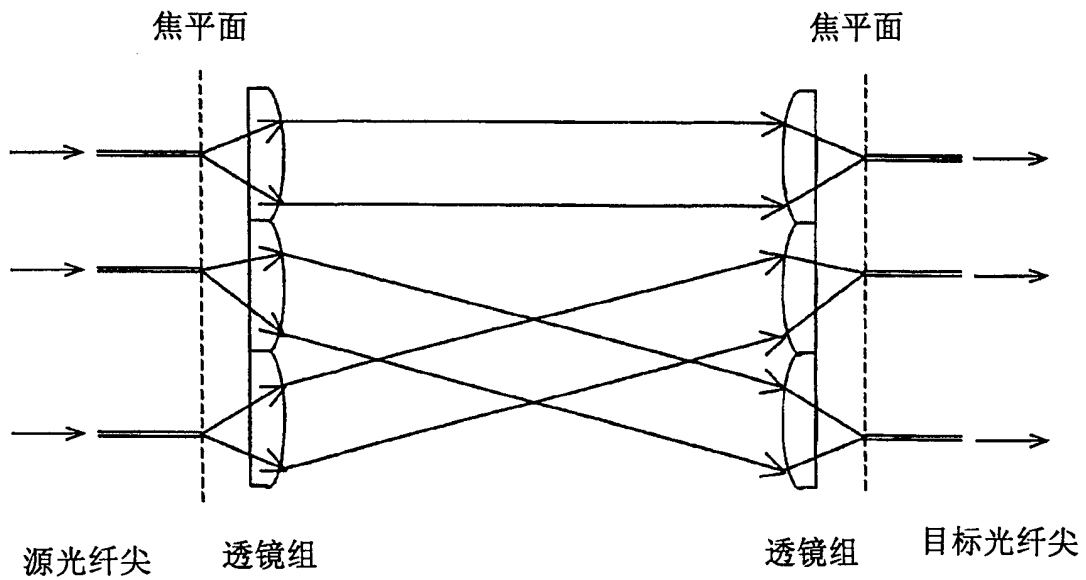


图11a

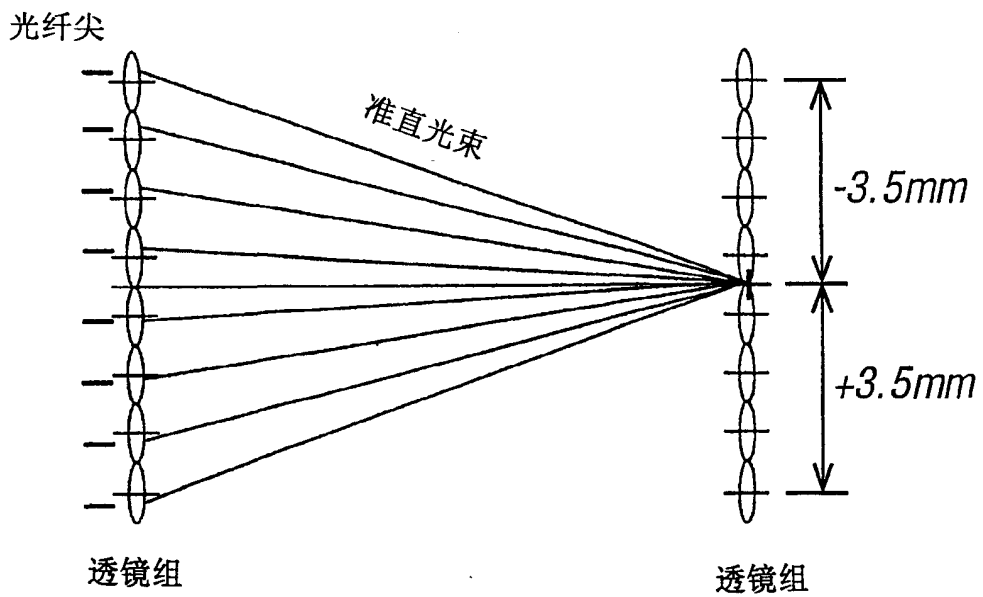


图11b

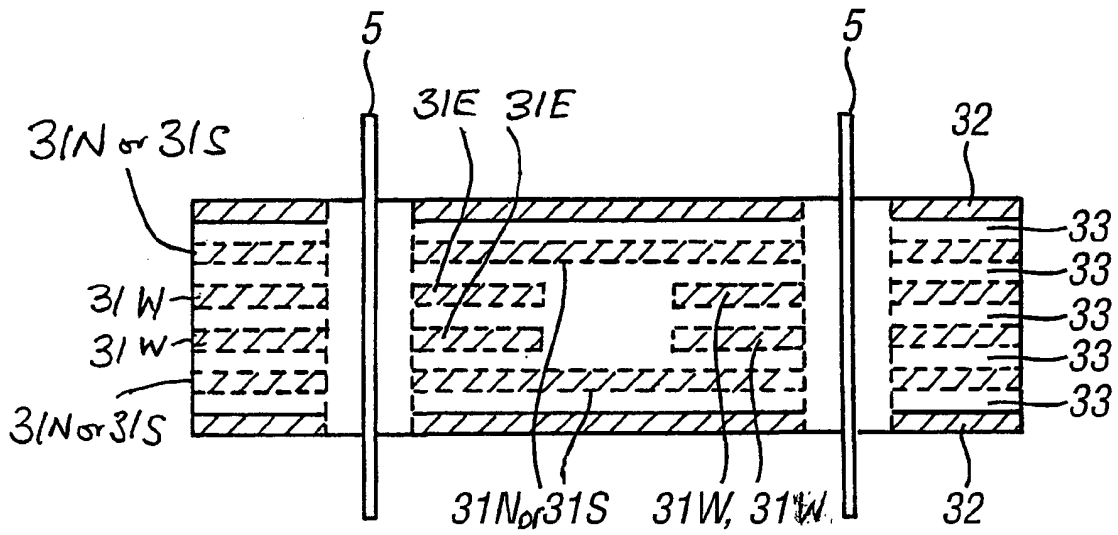


图13a

FIG. 13D

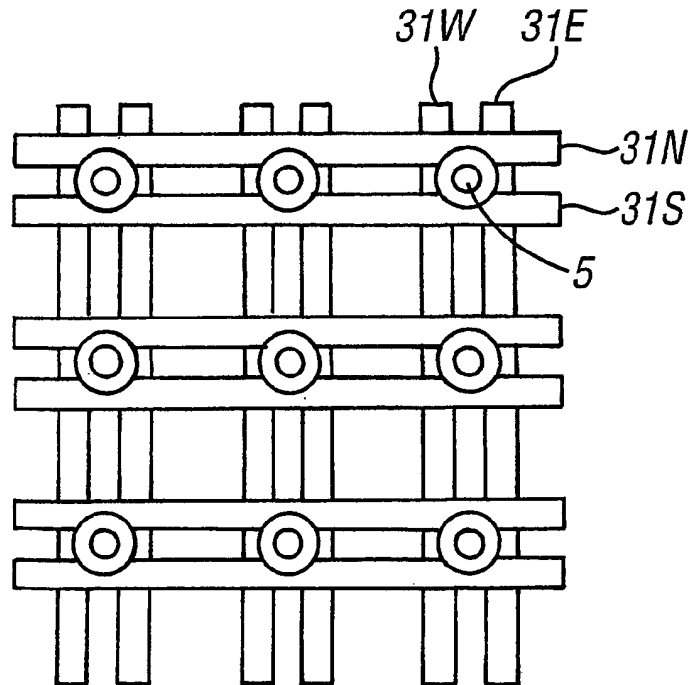


图13b

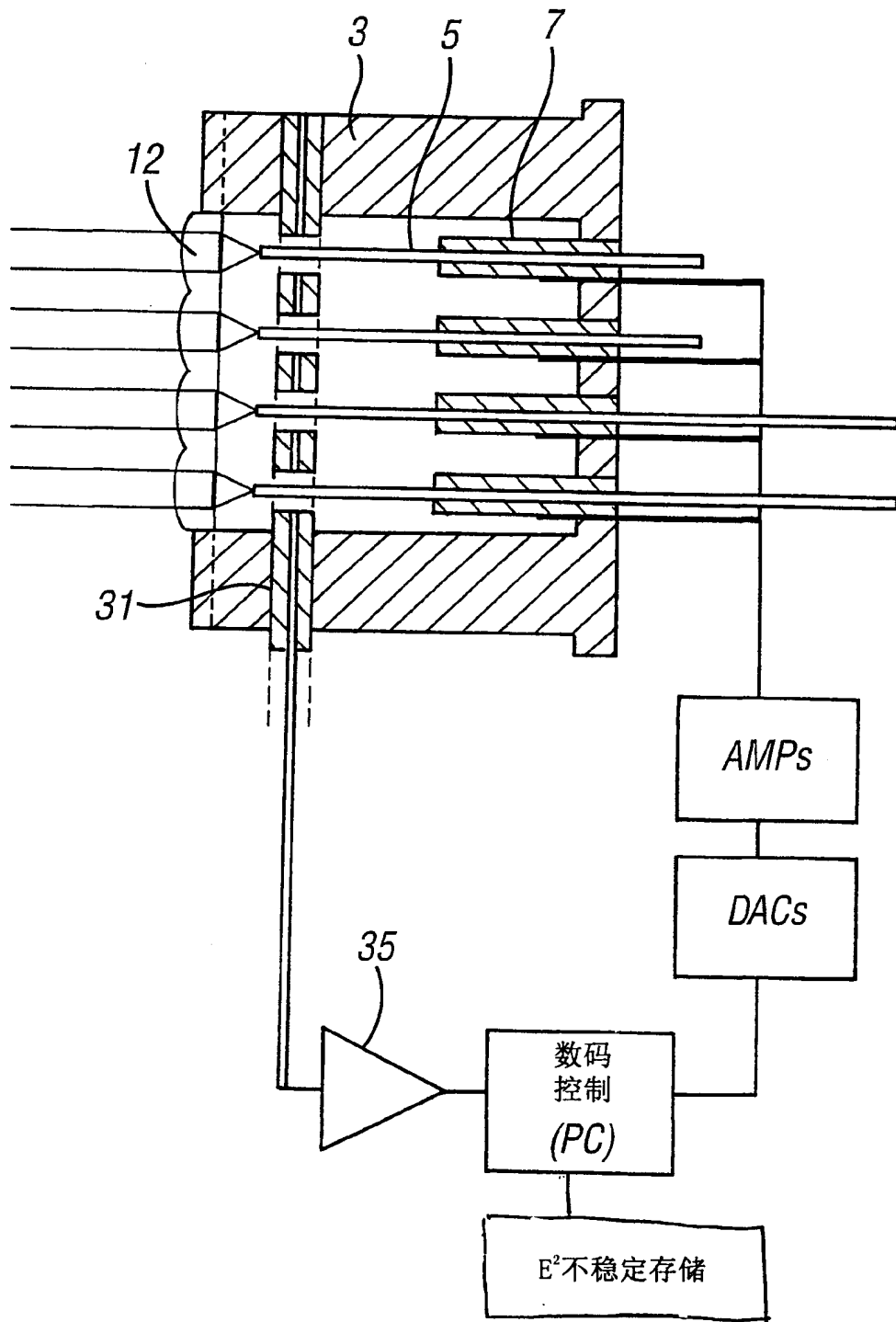


图14

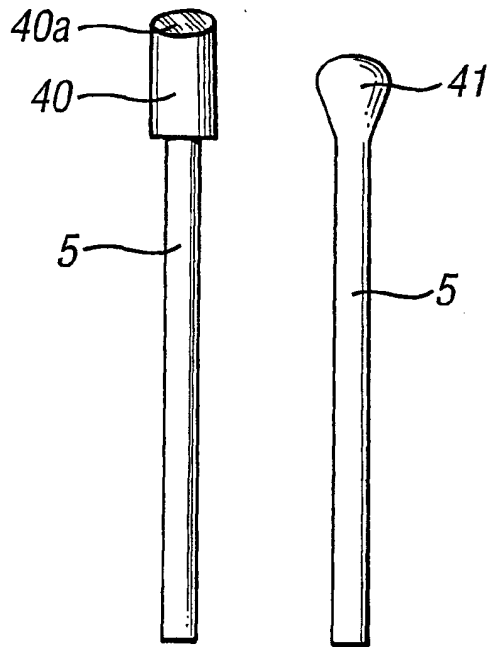


图16a

图16b

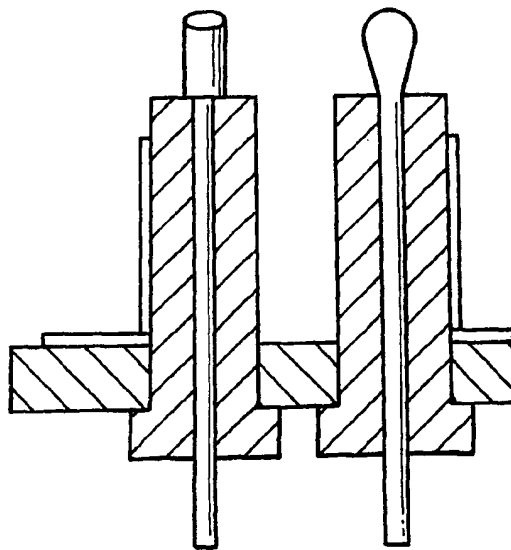


图17

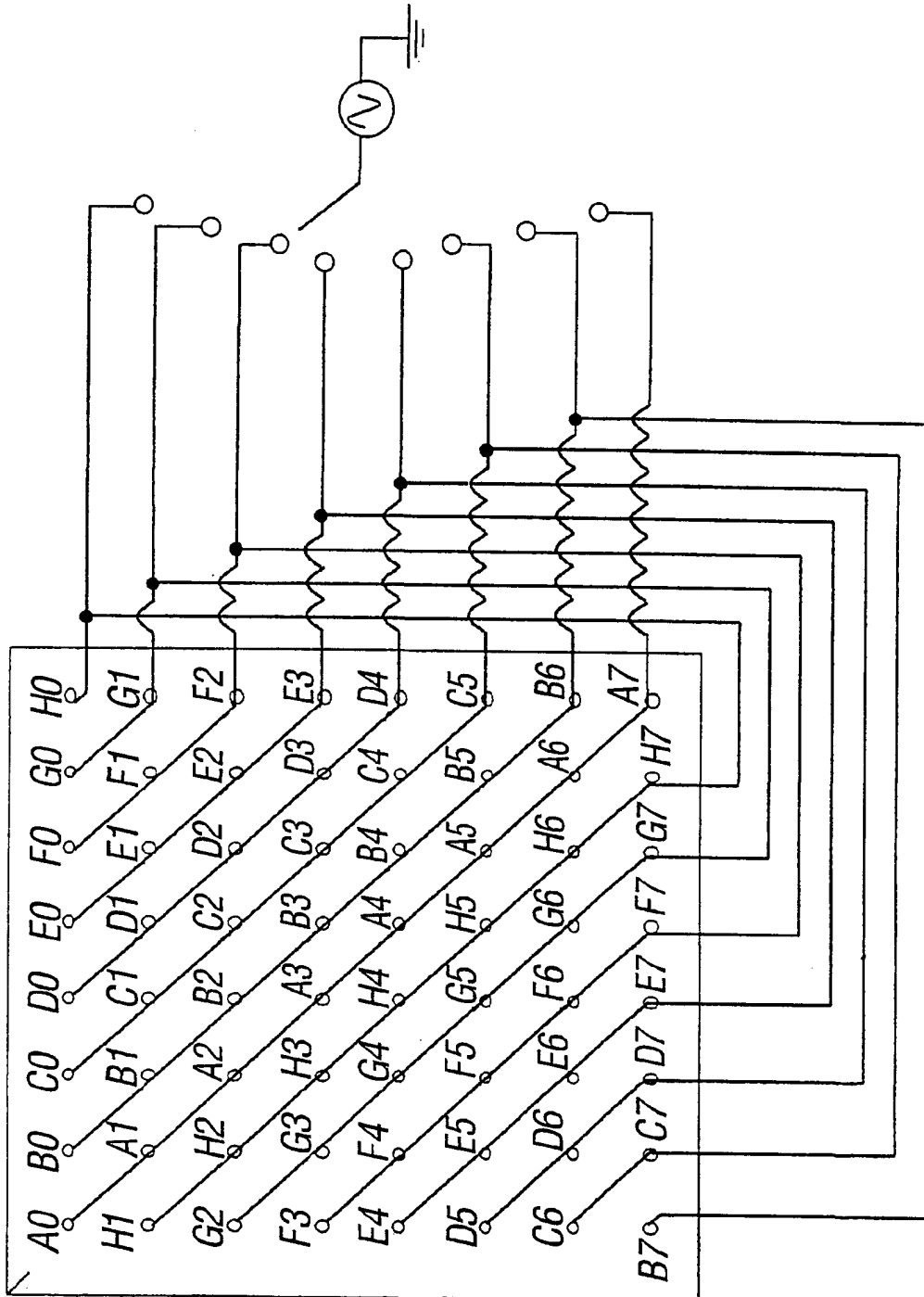


图15

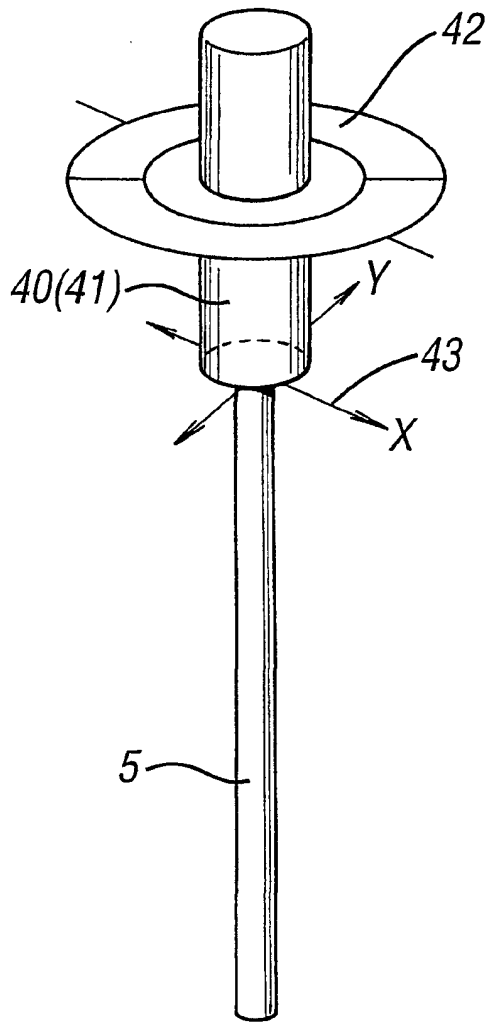


图18

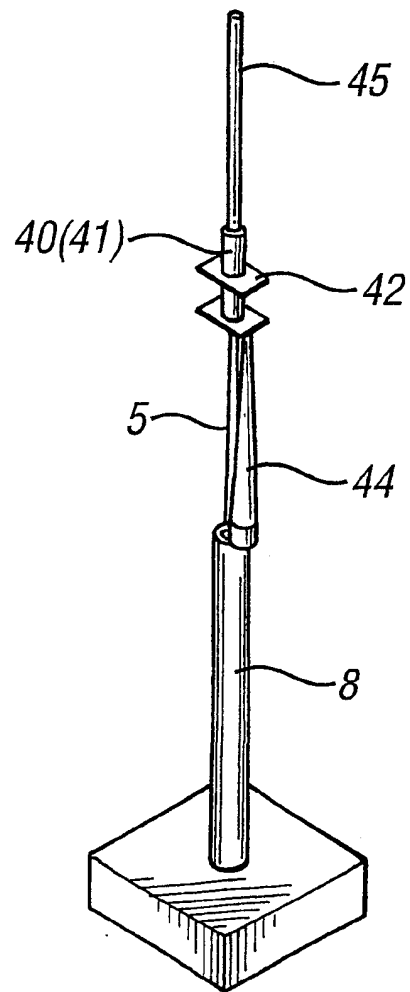


图19

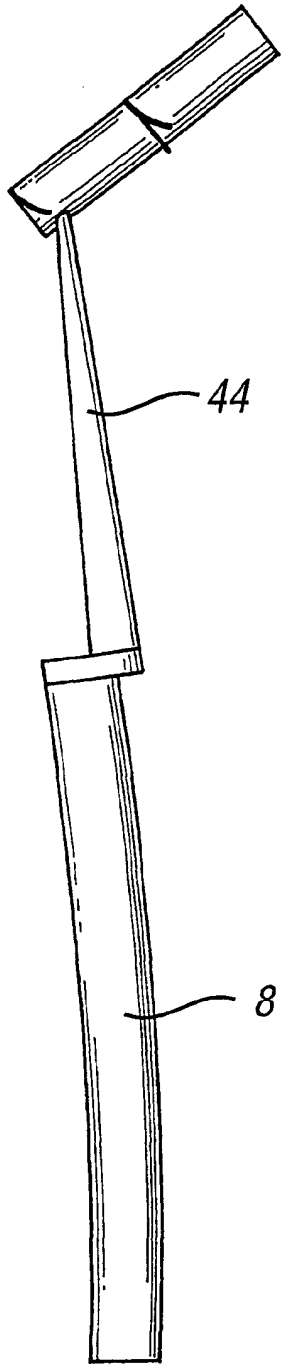


图20

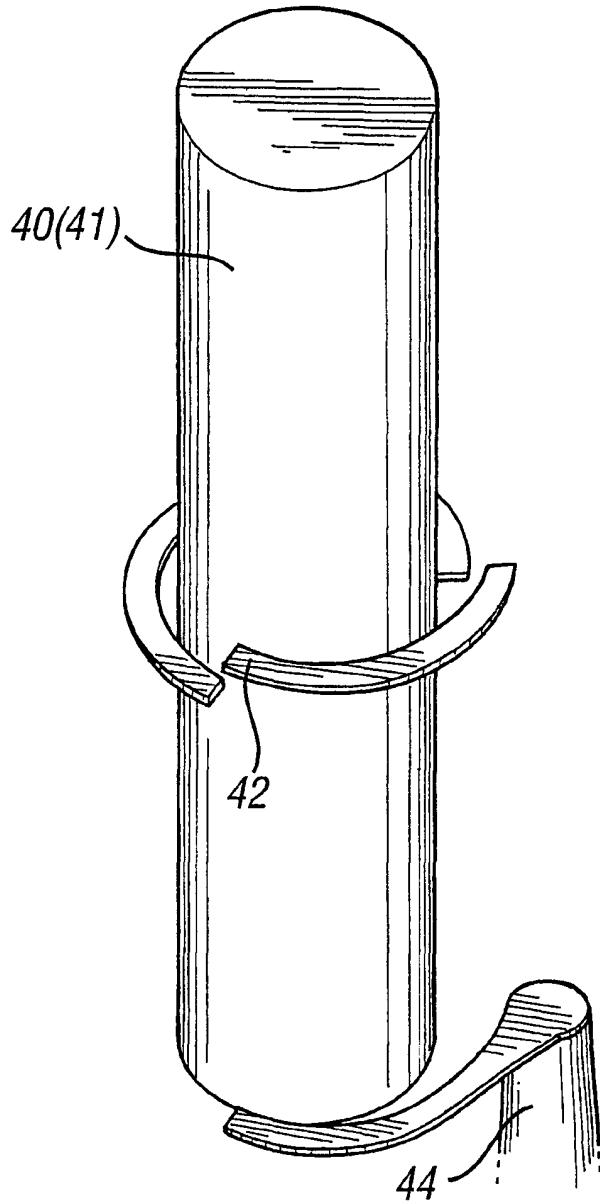


图21

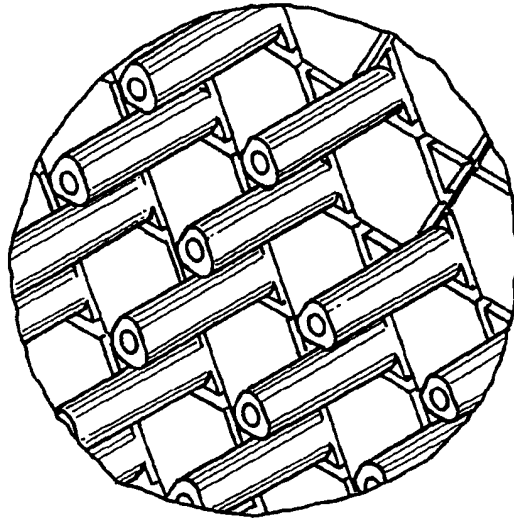


图22

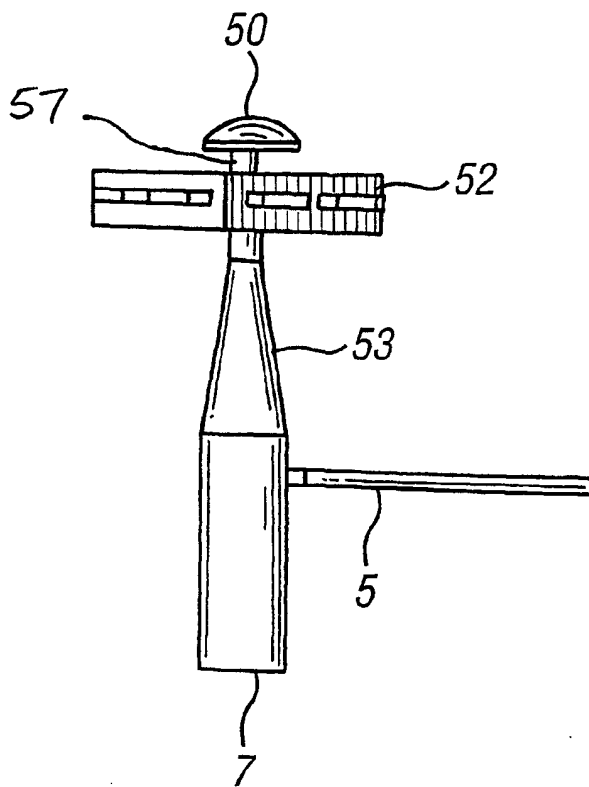


图23a

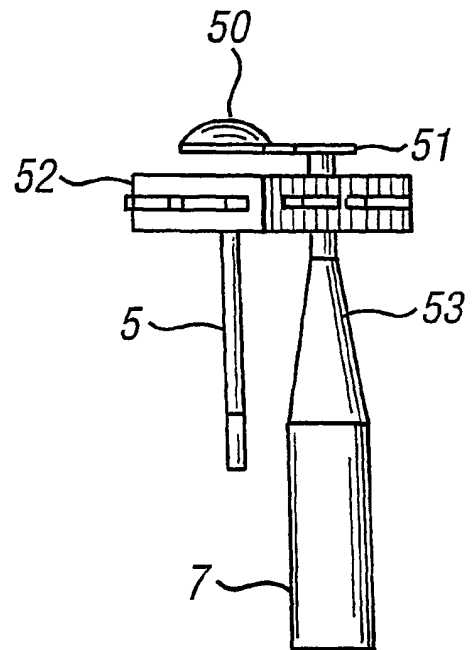


图23b

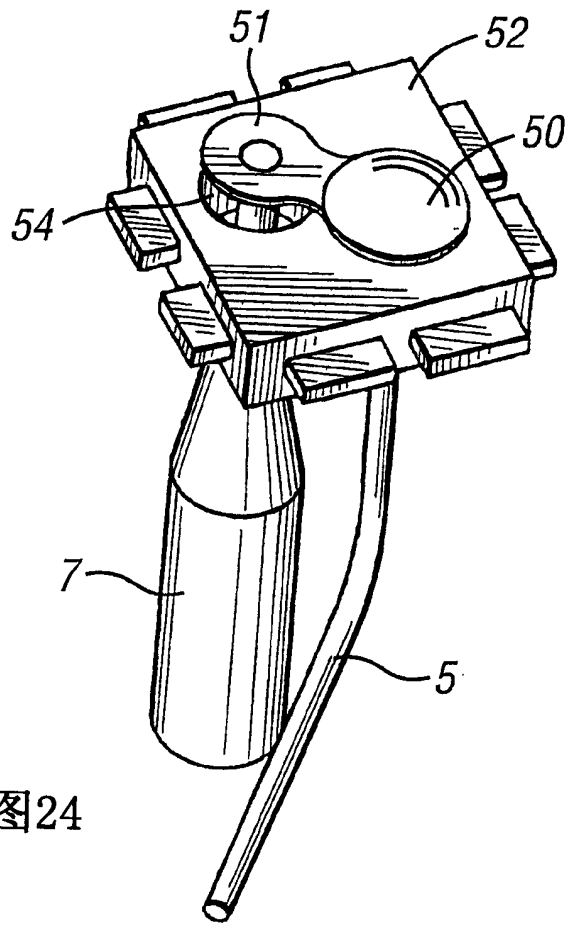


图24

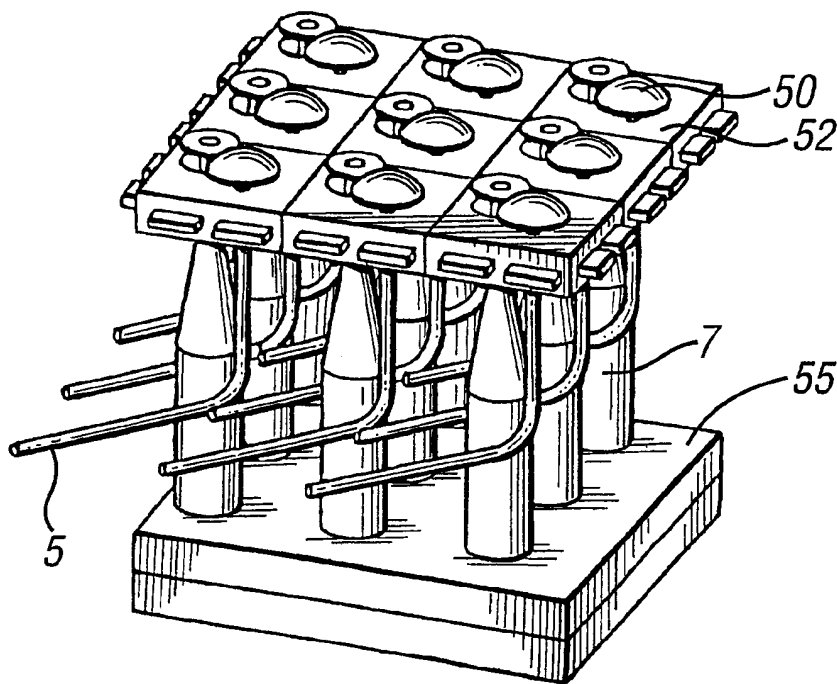


图25

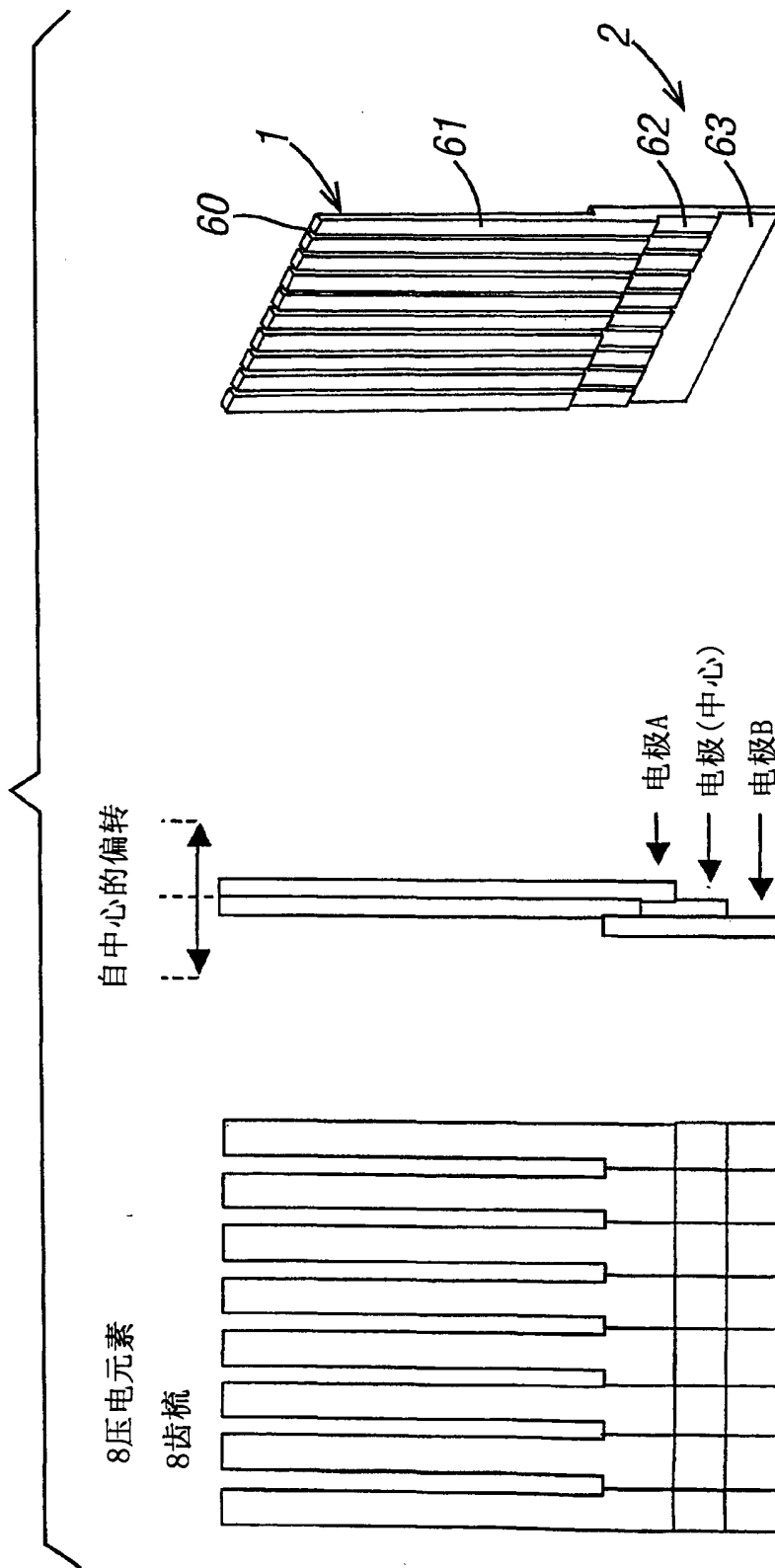


图27

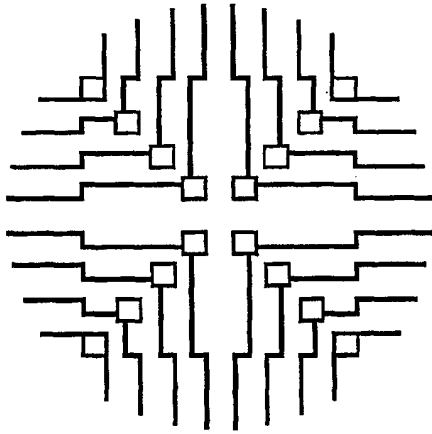


图26a

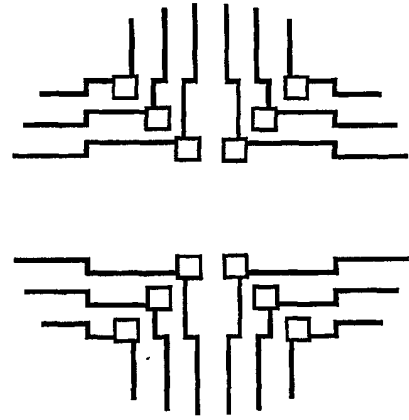


图26b

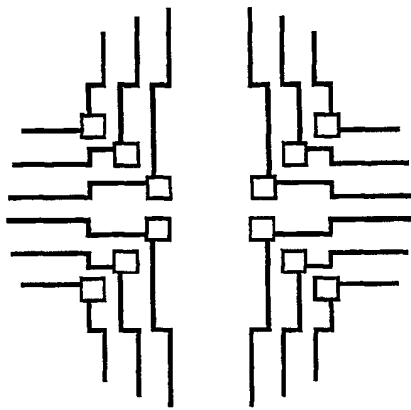


图26c

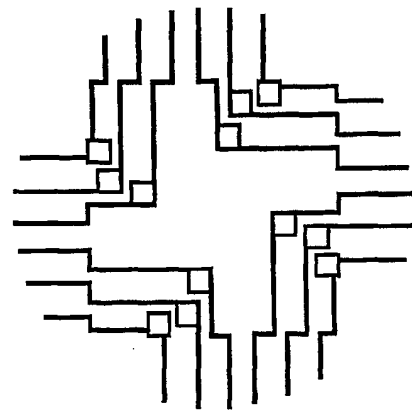


图26d

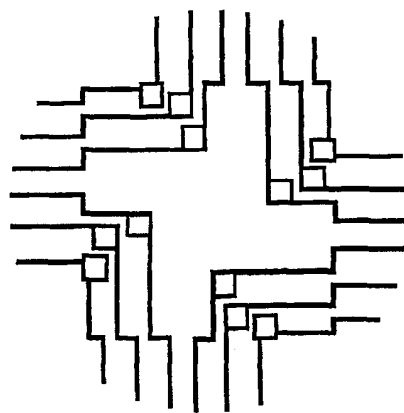


图26e

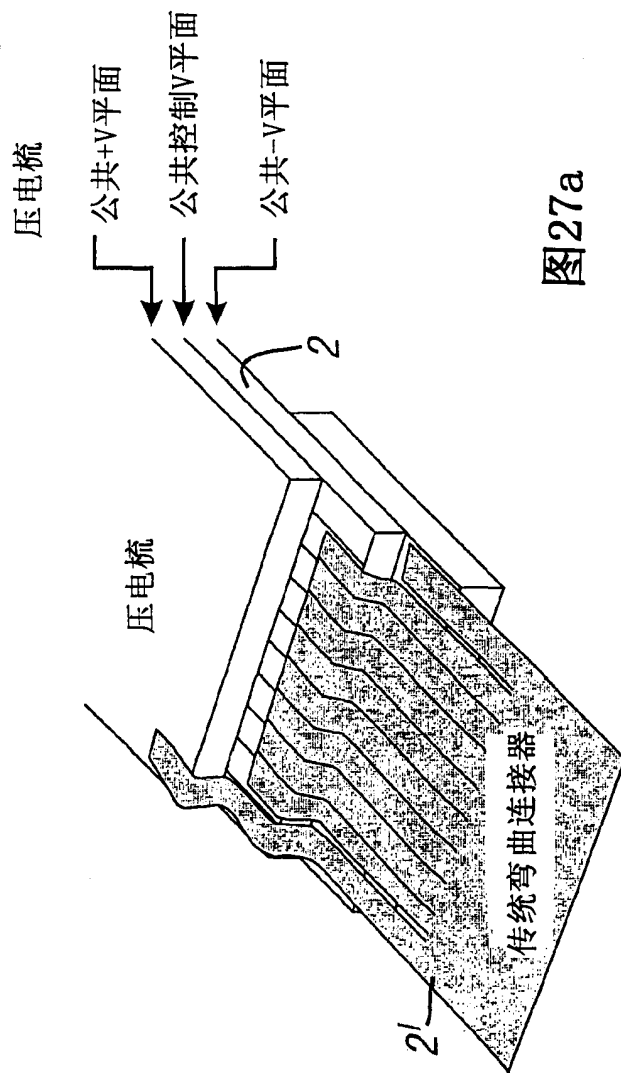


图27a

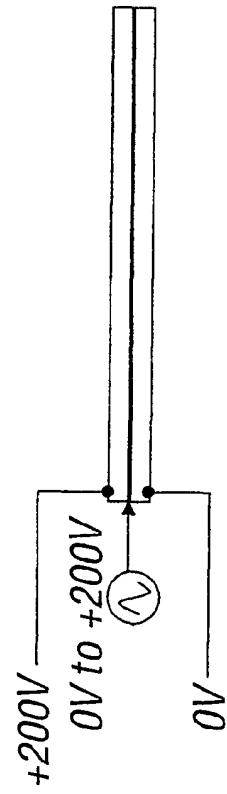


图27b

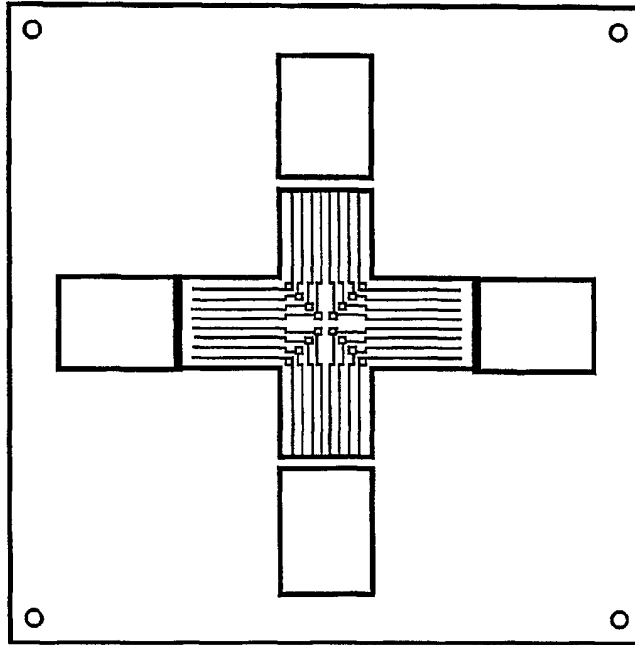


图28a

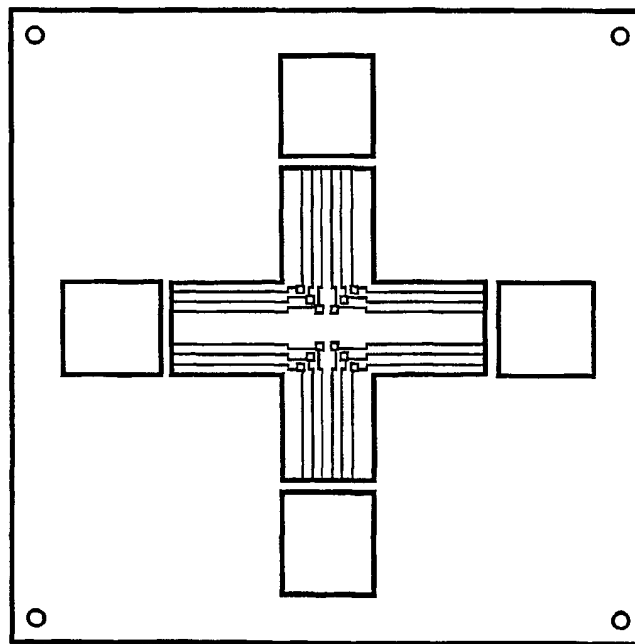


图28b

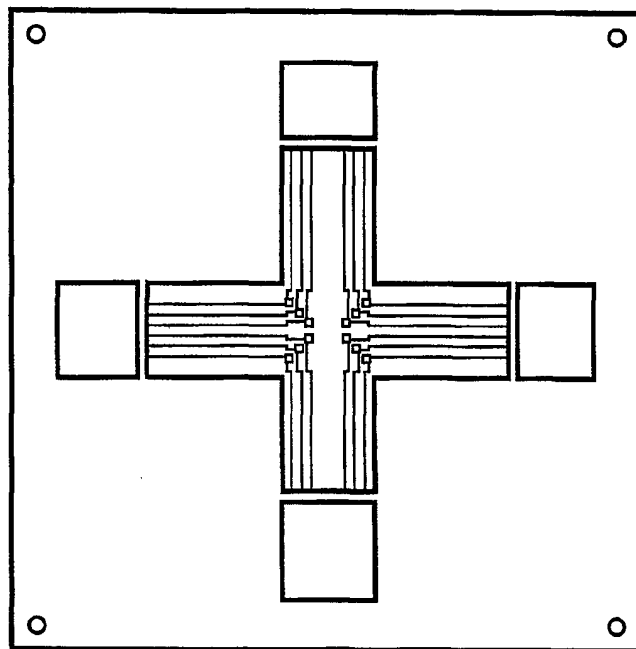


图28c

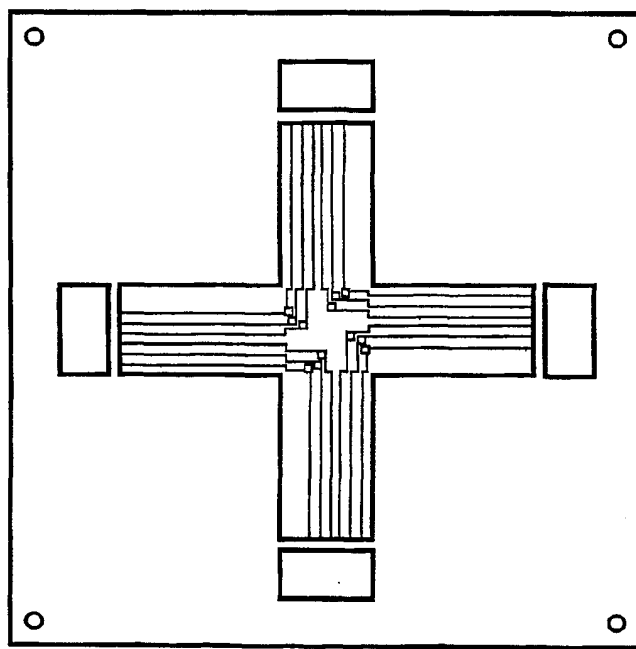


图28d

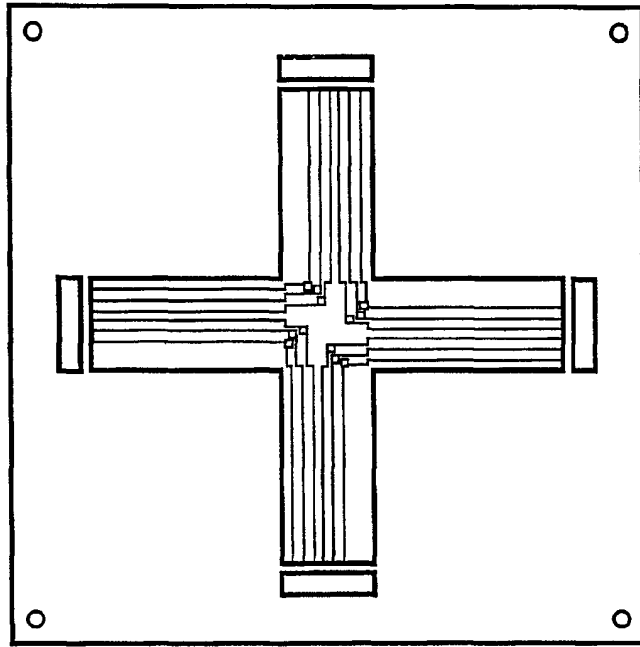


图28e

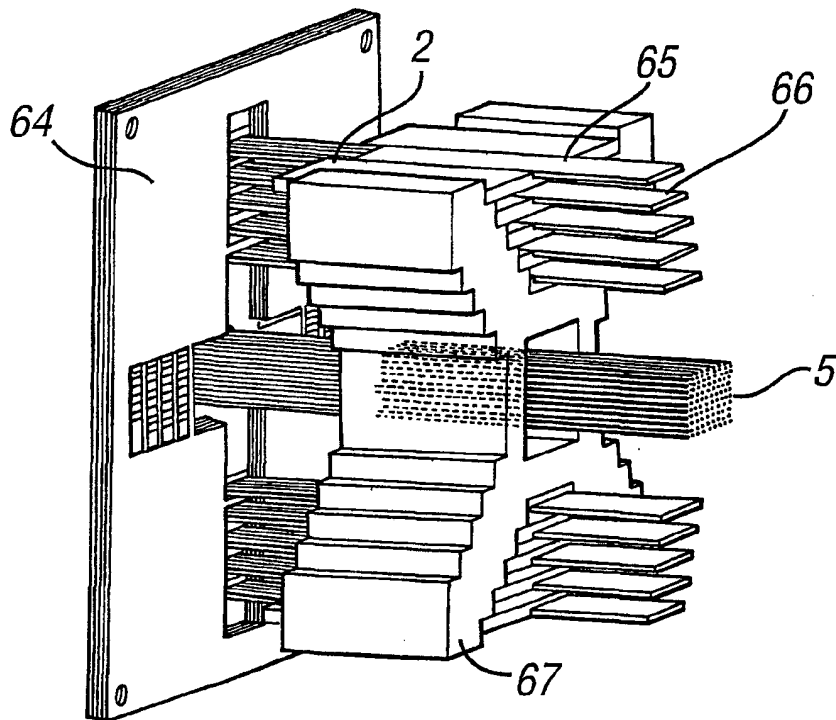


图29

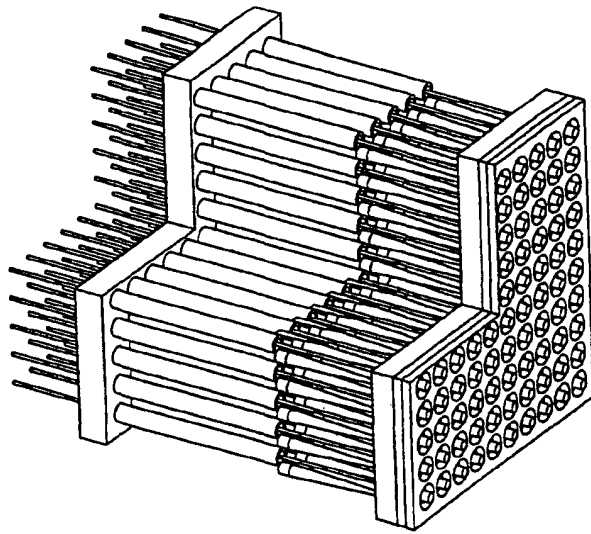


图31a

图31b

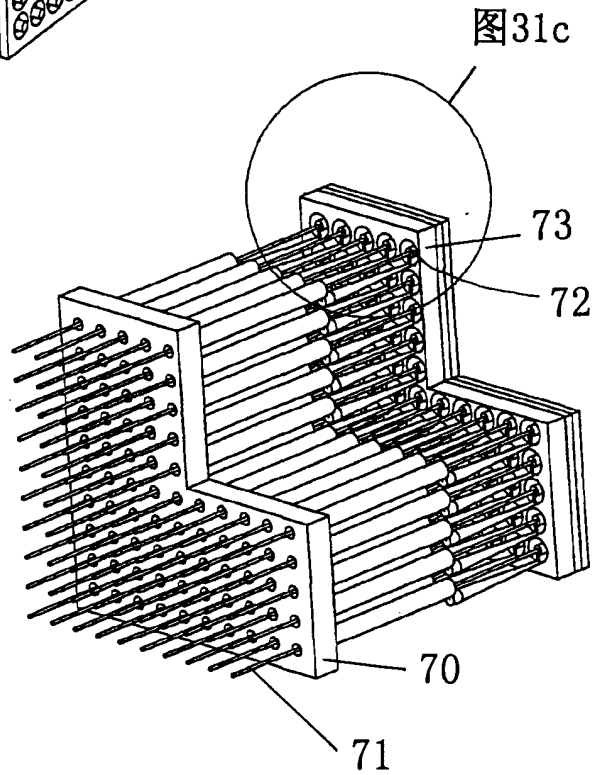


图31c

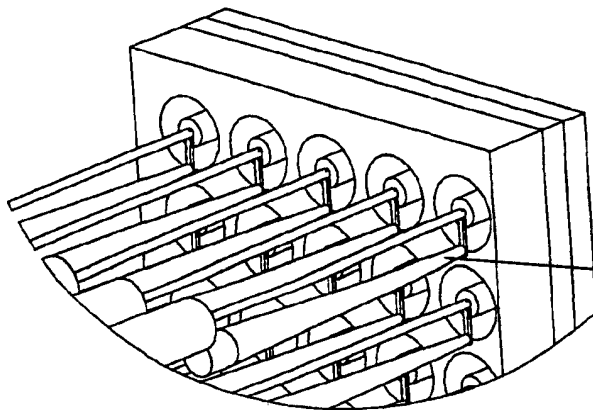


图31c

74

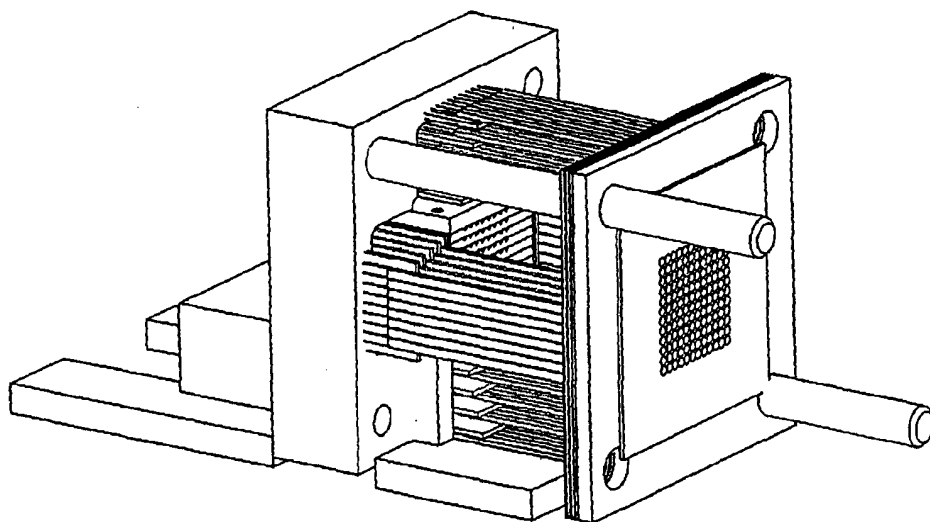


图32

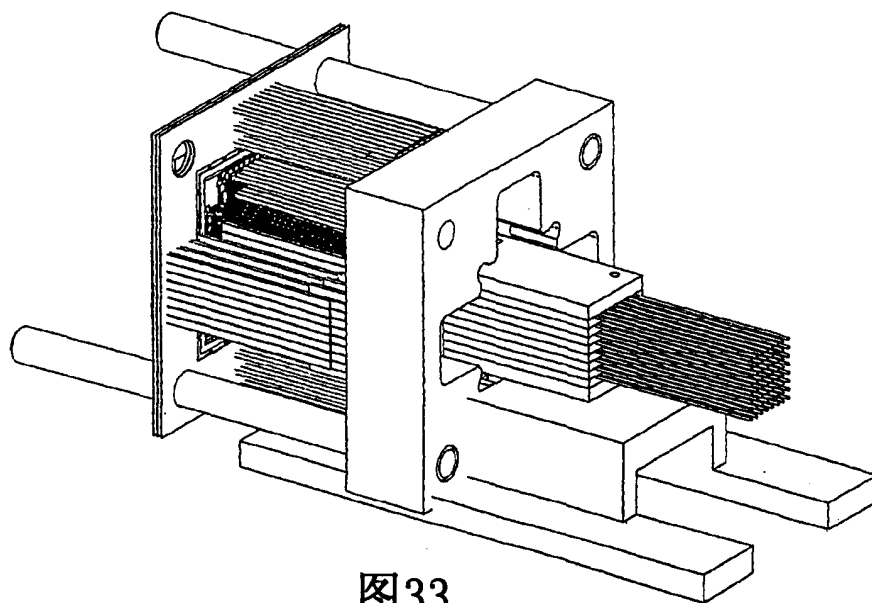


图33

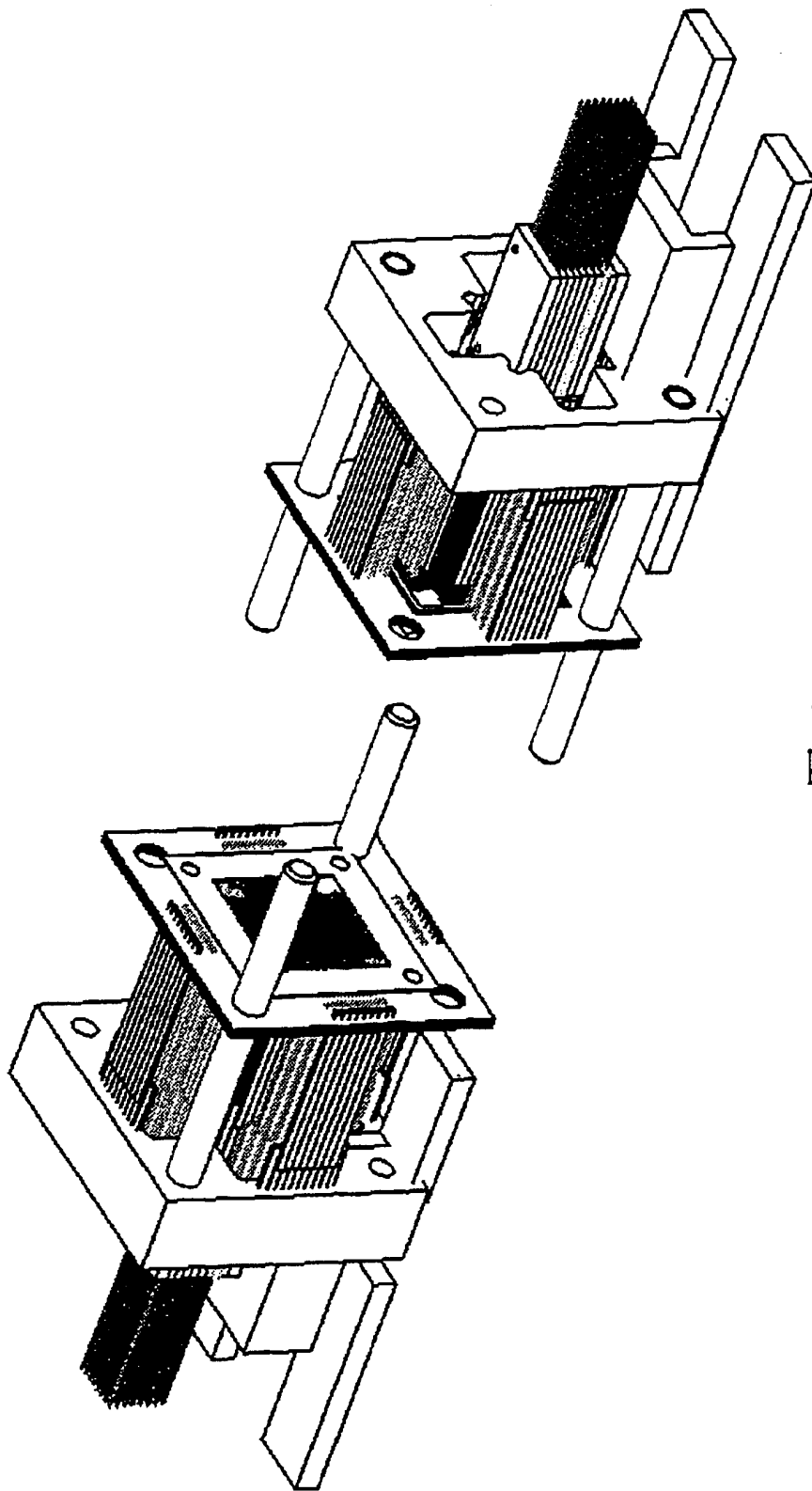


图34