

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 26/00 (2006.01)

G02B 5/18 (2006.01)



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03820384.7

[45] 授权公告日 2008 年 1 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 100359360C

[22] 申请日 2003.5.14 [21] 申请号 03820384.7

CN 1283369A 2001.2.7

[30] 优先权

审查员 郭 栋

[32] 2002.6.28 [33] US [31] 10/186,911

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

[86] 国际申请 PCT/US2003/015217 2003.5.14

代理人 肖春京

[87] 国际公布 WO2004/003621 英 2004.1.8

[85] 进入国家阶段日期 2005.2.28

[73] 专利权人 硅光机器公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 C·古德曼 B·斯塔克 J·亨特

R·叶 D·T·阿姆

[56] 参考文献

US 5808797A 1998.9.15

US 5311360A 1994.5.10

US 6154305A 2000.11.28

CN 1191986A 1998.9.2

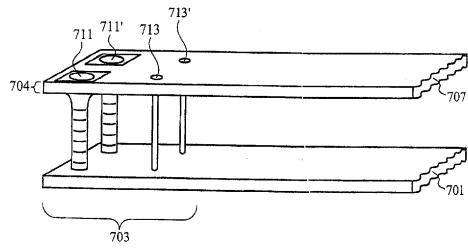
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 13 页

[54] 发明名称

微支承结构

[57] 摘要

一种微机电器件，包括一个或者多个带条或者悬臂结构形式的可动微结构(704)。该带条或者悬臂结构通过一个或者多个支承区域(703)与基板(701)相连，该支承区域具有多个固定支承部件(711, 711')和多个柱支承部件(713, 713')。该微机电器件是带有多个可动带条结构的光学微机电器件，每个带条结构相对两端由支承区域(703)支承，每个支承区域具有多个固定支承部件(711, 711')和多个柱支承部件(713, 713')。



1. 一种含有细长微结构的微器件，该微结构在至少一端通过固定区域与基板相连，固定区域包含多组沿着所述至少一端横向地设置的固定部件，多组固定部件包括较大的固定支承部件和较小的柱支承部件。
2. 如权利要求 1 所述的微器件，其中该固定支承部件和该柱支承部件沿着所述至少一端横向地以平行的排设置。
3. 如权利要求 1 所述的微器件，其中该细长微结构是具有长度在 50 至 1000 微米范围内且宽度在 4.0 至 40 微米范围内的带条结构。
4. 如权利要求 1 所述的微器件，其中该多组固定部件包括氮化硅。
5. 如权利要求 4 所述的微器件，其中该微结构包括氮化硅并且是具有该多组固定部件的单片。
6. 如权利要求 1 所述的微器件，其中该微结构包括厚度在 200 至 2000 埃范围内的氮化硅层。
7. 如权利要求 6 所述的微器件，其中该微结构还包括位于该氮化硅层的至少一部分上的反射性顶层，该反射性层具有 250 至 1500 埃范围内的厚度。
8. 如权利要求 1 所述的微器件，其中该基板包括硅。
9. 一种含有细长带条的微结构，该带条通过至少两个固定区域与基板相连，每个固定区域包括多个沿着该细长带条的宽成排设置的较大的固定件和多个沿着该带条的宽平行地成排设置的较小的固定件。
10. 如权利要求 9 所述的微结构，其中将该细长带条的一部分设置成可以相对于该基板结构上下移动。
11. 如权利要求 10 所述的微结构，其中该细长带条包括带有反射性顶层的氮化硅。
12. 如权利要求 9 所述的微结构，其中将该至少两个固定区域设置在该带条的端部附近。
13. 一种制造微器件的方法，包括：
  - a. 在牺牲层上形成多排支承区域，该支承区域包括后部的固定件和内部的柱件，该后部的固定件和内部的柱件分开一个距离；
  - b. 在该多排支承区域上形成平行的带条结构并且在该多排的支承区域之间延伸；

c. 除去位于该多排支承区域之间以及在该带条结构下面的该牺牲层的至少一部分，以形成悬置的带条结构。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其中该悬置的带条结构处于 1.5Gpa 或者更大的张力之下。

15. 如权利要求 13 所述的方法，其中该带条部件每个从该多排支承区域中的每个区域起横跨多个后部固定件和内部柱件。

16. 如权利要求 13 所述的方法，其中形成该支承区域的步骤包括通过一个或者多个掩模蚀刻该牺牲层。

17. 如权利要求 13 所述的方法，其中该悬置带条结构的长在 50 至 1000 微米范围内。

18. 如权利要求 13 所述的方法，其中该悬置带条结构的宽在 4.0 至 40 微米范围内。

19. 如权利要求 13 所述的方法，其中形成该带条部件的步骤包括在该牺牲层上沉积厚度在 500 至 2000 埃范围内的连续器件层。

20. 如权利要求 19 所述的方法，其中该连续器件层是氮化硅层。

21. 一种包括多个悬置在基板上方的带条的器件，其中每个带条在相对端通过多个固定件和多个柱件悬置在该基板上方。

22. 如权利要求 21 所述的器件，其中该带条的宽在 4.0 至 40 微米范围内，长在 50 至 1000 微米范围内。

23. 如权利要求 21 所述的器件，其中该带条包括多个厚度在 500 至 2000 埃范围内的氮化硅层。

24. 如权利要求 23 所述的器件，其中该带条包括厚度在 250 至 1500 埃范围内的铝顶层。

25. 如权利要求 21 所述的器件，其中该带条的至少一部分设置成可以相对该基板移动，以便对具有波长在 300 至 3000 纳米范围内的光源进行调制。

26. 一种制造光学微机电器件的方法，包括：

a. 在合适的基板上沉积一层多晶硅；

b. 蚀刻该多晶硅，形成第一组固定凹窝和柱凹窝；

c. 在该多晶硅层和该凹窝上沉积器件层，以形成与该基板相连的第一组固定件和柱件；

d. 将该器件层分成多个带条，使得来自于第一组固定件和柱件

中的两个或者多个固定件和柱件与这些带条的各端部中的每个端部相连；

e. 蚀刻该多晶硅层以释放这些带条。

27. 如权利要求 26 所述的方法，其中该基板包括位于氧化硅上的一层。

28. 如权利要求 26 所述的方法，其中该器件层包括氮化硅。

29. 如权利要求 26 所述的方法，其中该固定件具有 5.0 至 20 微米范围内的截面大小，该柱件具有 0.5 至 5.0 微米范围内的截面大小。

30. 如权利要求 26 所述的方法，其中将该器件层分成多个带条的步骤包括通过使用反应离子蚀刻工艺将该器件层切割成多个带条。

31. 如权利要求 26 所述的方法，其中第一组固定件和柱件平行地构成多排。

32. 如权利要求 26 所述的方法，其中第一组固定件和柱件中的该固定件成排且该柱件是交错的。

33. 如权利要求 26 所述的方法，还包括在沉积该器件层之前蚀刻该多晶硅，形成第二组固定凹窝和柱凹窝，并且在第一组和第二组固定凹窝和柱凹窝这两者上沉积该器件层，以形成第一组和第二组固定件和柱件，并且其中将该器件层分割成多个带条，使得来自于第一组和第二组中的两个或者多个固定件和柱件与这些带条中的每个相连。

34. 如权利要求 33 所述的方法，其中第一组固定件和柱件以及第二组固定件和柱件与每个带条在这些带条的相对端部相连。

## 微支承结构

### 技术领域

本发明涉及一种用于微结构的支承结构。尤其是，本发明涉及一种用于微机电机器中微结构的支承结构。

### 背景技术

有很多微型机器采用了可动悬臂，带条(ribbon)构件或者其它类似的微结构。典型地，这些微结构是极其薄的；在几百或几千埃数量级，并且采用释放蚀刻(release etch)工艺。这些薄的微结构或者在制造过程中和/或在器件的运行中会承受高度的应力和张力。较大的微结构能承受的应力或者张力达1.5Gpa或者更高。微支承结构在这样的条件下可能损坏而导致器件的损坏。

光学微机电(MEM)器件是用来对一种或多种光的波长进行调制。光学MEM器件可以应用在显示，打印和电气器件技术中。美国专利5311360, 5481579和5808797中公开了其中采用悬置微带条结构对光调制的光学MEM器件的例子，这些专利都是B1oom等人提交的，这里将其内容引入作为参考。

简言之，上面引用的专利中所述的光学MEM器件具有一组或者多组可动带条，该带条包括支承层和反射性顶层。该支承层优选为氮化硅层，而反射性顶层优选为铝层。典型地，带条结构是通过其相对的两端而固定在基板上的，这样带条的中心部分，这里称之为活动部分，可以上下移动，以对入射光源进行调制。

在特定的应用中，尤其是光通信领域中，优选采用较大的带条结构。如前所述，这些大的带条结构在器件制造中以及在器件的运行中都会遭受到高程度的应力和张力。因此，对于MEM器件来说，希望其机械支承结构能够支承得了具有高应力和/或张力的微结构。此外，希望有一种方法来控制或者调谐所需的一个或者多个谐振频率和/或一个或者多个工作电压以使光学MEM结构中的带条结构的活动部分偏转所需的电压。

### 发明内容

当前发明涉及一种包含至少一个悬置的微结构的微器件，该微结

构优选是带条结构或者悬臂结构。该微结构至少一端通过固定区域与基板结构相连。该固定区域优选包括多组沿着该悬置微结构的所述连接端设置的固定部件。这些组的固定部件包括多个固定支承部件和多个柱支承部件。固定支承部件和柱支承部件最好平行并且沿着微结构的所述连接端横向地设置。

实施例中的微器件最好包括多个带条结构，所述结构设置为可以调制具有波长在近似 300 至 3000 纳米范围内的光。根据实施例中的带条结构可以具有 50 至 1000 微米范围内的长和 4.0 至 40 微米范围内的宽，其中带条结构的应力和/或张力可以大至 1.5Gpa 或者更大。

带条结构最好通过位于每个带条结构的相对两端处的固定区域进行连接。每个支承区域最好包括沿着邻近的带条结构的端部平行成排设置的多个固定支承部件和多个柱支承部件。然而，想到有这样的实施例，即其固定支承部件和柱支承部件以交错方式设置和/或在相邻的带条结构上固定支承部件和柱支承部件之间具有交替变化的间隔。

根据实施例，微结构包括一个器件层，其最好包括厚度在 200 至 2000 埃范围内的氮化硅层。该器件层还可以包括厚度在 250 至 1000 埃范围内的铝顶层。如以下所详细描述的一样，根据实施例所述的该器件层还可以包括一个或者多个二氧化硅层，其或者位于该氮化物层下面或者位于该氮化物层和铝顶层之间。

根据实施例中一个优选方法，在合适的基板结构上沉积了厚度在 0.5 至 3.0 微米范围内的牺牲层，其可以是多晶硅层。该基板结构可以包括一个或者多个如下面所详细描述的氧化物阻挡层。然后，最好是通过蚀刻工艺将该牺牲层图案化，形成至少一组固定和柱凹槽或者凹窝。所蚀刻的该固定凹槽或者凹窝最好具有 5.0 至 20 微米范围内的截面大小，而所蚀刻的该柱凹槽或者凹窝最好具有 0.5 至 5.0 微米范围内的截面大小。然后在这个图案化的牺牲层上以及在蚀刻出的凹槽或者凹窝内沉积一个最好包括抗蚀刻材料的器件层，使得该器件层的一部分通过凹槽或者凹窝与其下面的基板相连，从而形成固定支承部件和柱支承部件。该器件层最好包括基于氮化硅的层，其沉积的厚度在 500 至 2000 埃范围内，更好在 700 至 1200 埃范围内。该器件层还可以包括一个或者多个基于氧化硅的层，其形成在该基于氮化硅的层上方和/或下面，沉积厚度在 500 至 2000 埃范围内。

在形成该器件层后，最好将该器件层切割或者分为带条结构。该器件层可以通过反应离子蚀刻或者其它合适的工艺切割为带条结构。最好按照上面所述的尺寸平行地设置该带条结构。最好将该器件层切割使得两个或者多个固定支承部件以及两个或者多个柱支承部件能够将带条结构的每端连接到该基板结构。相邻带条结构之间的间隔最好尽可能小，可以在 0.5 微米或者更小数量级。在将该器件层分隔或者切割成带条结构后，蚀刻该牺牲层，以释放该带条部件，使得该带条部件悬置在基板结构上方并且通过其中形成的固定支承部件和柱支承部件与该基板结构相连。

调整该固定支承部件和柱支承部件之间的间隔，以使带条结构可以达到适于当前应用的物理性质。每个带条结构最好具有靠近该带条结构的每个端部设置的多个后部固定支承部件和多个内部柱支承部件。多个固定支承部件和多个柱支承部件的使用使得该带条结构易于对工作频率或频率组以及切换电压或切换电压组进行调节或者调整，并且提供更大的有效支承区域，以便支承呈现高应力和/或张力的带条结构。

在本发明的另一个实施例中，在将该器件层切割为带条结构之前，在该器件层上涂覆或者沉积反射性顶层。该反射性顶层最好由反射性金属例如铝制得，并且可以沉积为 250 至 1000 埃范围厚。虽然固定支承部件和柱支承部件最好是沿着带条结构的各端平行成排地设置，但具有多组交错的固定支承部件和柱支承部件的器件配置也在计划之中。

#### 附图说明

图 1a - b 是根据实施例所述的包括多个可动带条结构的微结构的截面图。

图 2a - b 是根据实施例所述的包括两组带条结构的微结构的截面图。

图 3a 是根据实施例所述的带条结构的截面图。

图 3b 是具有多个如图 3a 所示的带条结构的微结构的截面图。

图 4 是 MEMS 振荡器的示意框图。

图 5a - b 示出根据实施例所述的在电路片上的 MEMS 的俯视图和截面图。

图 6a 示出具有多个固定件和一个柱支承部件的带条结构的示意性侧视图，其中根据实施例中的方法对固定支承部件和柱支承部件之间的间隔进行改变。

图 6b 示出一部分包含支承区域的带条结构的俯视图，该支承区域具有单个固定支承部件和单个柱支承部件。

图 6c 示意性地示出图 6b 所示的支承区域所提供的有效支承区域。

图 7a 示出由支承区域支承在基板上方的微结构的俯视图，根据本发明的一个优选实施例，该支承区域包括多个固定支承部件和多个柱支承部件。

图 7b 示意性地示出由图 7a 所示的支承区域所提供的有效支承区域。

图 7c 示出由支承区域支承在基板上方的微结构的透视图，根据本发明实施例，该支承区域包括多个固定支承部件和多个柱支承部件。

图 8a - e 示出根据实施例中方法所述的支承部件的形成过程。

图 9 示出根据实施例所述的具有支承区域的微器件的截面图，该支承区域用于支承靠近带条结构两端的带条结构。

图 10 示出根据实施例所述的平行设置在基板上的多个带条结构的示意性俯视图，每个带条结构由平行成排设置的多个固定支承部件和多个柱支承部件支承。

图 11 示出根据这些实施例中另一个实施例所述的、由交错配置的固定支承部件和柱支承部件所支承的多个带条结构的示意性俯视图。

#### 具体实施方式

参照图 1a，光学 MEM 器件可以具有多个在空间上设置在基板 102 上方的可动带条 100。表面 104 对应于各带条顶部以及位于带条之间的基板区域，并且是反射性的。通过在基板 102 及带条 100 上沉积反射性材料薄膜例如银或者铝而制得反射性的表面 104。带条和基板结构由基于硅的材料微制造而得。设置基板 102 的反射表面 104 和带条 100 的反射表面 104 之间的高度差 103 使得当带条 100 处于图 1a 所示的上面位置时该高度差为  $\lambda / 2$ 。当波长为  $\lambda$  的光照射到恭迎 (compliment) 的反射表面 104 的上时，从基板 102 的表面 104 和带条 100 的表面 104 上反射的光相位相同。到达基板 102 的反射表面 104 的光比到达带条 100 的反射表面 104 的光多行进  $\lambda / 2$ 。然后从基板 102

的反射表面 104 反射的那部分光返回时行进另外的  $\lambda/2$ ，总的行进一个完整的波长  $\lambda$ 。因此，反射表面 104 的恭迎 (compliment) 对波长为  $\lambda$  的入射光源来说起反射镜的作用。

如图 1b 所示，通过在带条 100 和基板 102 之间施加合适的偏置电压，带条 100 的一部分向下移动并与基板 102 接触。将带条 100 的厚度  $T_1$  设计为  $\lambda/4$  加上反射层 104 的厚度，使得距离 103' 也是  $\lambda/4$ 。如图 1b 所示，当带条 100 处于下面位置时，波长为  $\lambda$  的光照射到表面 104 和 104' 后，从带条 100 的反射表面 104' 反射的那部分光和从基板 102 的表面 104 反射的那部分光就会异相，这样产生相消的干涉条件。使带条在如图 1a 所示的能够相长的干涉位置和如图 1b 所示的能够相消的干涉位置之间交替，该光栅光阀能够调制来自于波长为  $\lambda$  的照射光源的反射光的强度。

图 2a - b 示出光学 MEM 器件一个变例的截面图。根据该结构，光学 MEM 器件具有至少两组近似处于同一反射平面上的交替着的带条 206 和 207。参照图 2a，带条 206 和 207 悬置在基板结构 202 上方距离 209 处。带条 206 和 207 分别设有反射表面 204 和 205。基板 202 的表面或者其一部分最好也具有反射表面 208。最好将基板的反射表面 208 和带条的反射表面 204 和 205 设置为分开一个近似等于照射光源的  $\lambda/2$  数倍的距离。因而，从表面 204, 205 和 208 反射的那部分光都会同相，可以观察到相长的干涉和最大的强度。在工作时，通过将第一组带条 206 或者第二组带条 207 相对于另一组移动一个对应着  $\lambda/4$  的距离，该平面衍射光栅光阀就交替变化第在相长干涉和相消干涉条件之间变化。

在一个工作模式中，通过相对于静止的那组交替带条移动一组交替带条而对光调制。移动的带条称为活动带条，静止的带条称为偏置带条。通过任何数量的包括机械装置在内的装置将活动带条移动，但最好是通过在活动带条和基板之间施加足够的偏置电压以在活动带条和基板之间产生库仑力吸引而将其移动。

现在参照图 2b，当在活动带条 207 和基板 202 之间施加一个足够的偏置电压时，带条 207 相对于偏置带条 206 移动了一个近似等于  $\lambda/4$  倍数的距离 203。因而，从活动带条 207 的表面 205' 反射的那部分光将和从偏置带条 206 的表面 204 反射的那部分光发生相消的干涉。

对于本领域技术人员而言，显然可以设置光栅光阑使之以其它工作模式来调制波长为入的入射光源。例如，可将两组带条 206 和 207 设置为移动并分开  $\lambda/4$  的数倍，使之在相长的干涉和相消的干涉条件之间交替变化。此外，带条在工作时可以或者可以不与基板接触。

最好将图 1a - b 和图 2a - b 中所示的 MEM 器件的带条密封在管芯结构中。美国专利申请号为 09/124710 中描述了提供密封管芯所采用的方法和材料，该专利申请于 2001 年 7 月 29 日提交，标题为 “METHOD OF AND APPARATUS FOR SEALING AN HERMETIC LID TO A SEMICONDUCTOR DIE”，现在的美国专利号为 6303986，这里将其内容引入作为参考。

图 3a 示出根据实施例所形成的微结构 300 中的一部分的截面图。该微结构 300 具有基于硅的底层或者说支承层 305，其最好是基于氮化硅并且厚度在 700 到 1200 埃范围内。微结构 300 也具有反射性顶层 301，其最好由金属制得并且厚度在 250 到 1000 埃范围内。反射性顶层 301 可以由任何种金属和金属合金制得，但是最好由铝和其它能够以相对低温采用溅射技术沉积的金属制得。

仍然参照图 3a，微结构 300 也可以具有厚度在 800 至 1800 埃范围内的二氧化硅层 303。该二氧化硅层 303 最好夹在反射性顶层 301 和底层 305 之间。或者，除了二氧化硅层 303 之外，在底层 305 下面可以形成二氧化硅层。

图 3b 示出根据实施例所述的微器件 325 的一部分。微器件 325 最好具有多个以几何方式悬置在基板 326 上方的带条结构 332 和 332'。每个带条结构 332 和 332'最好具有多层结构，包括如上所述的底层 335、顶层 331 和补偿层 333。这些带条 332 和 332'可以包括交替的第一组带条 332 和第二组带条 332'，如上面所解释的，可将它们相对于彼此移动。根据本发明的实施例，移动一组带条 332 或者 332'，而另一组带条保持静止。在另一实施例中，使两组带条 332 和 332'都移动，但是移动不同的量，使得能够把从带条 332 和 332'反射的光的相对相位从相消的干涉调制到相长的干涉。

基板 326 可以具有反射性材料或者其它任何合适材料的层 325，以辅助微器件 325 的功能。此外，虽然如图 3b 所示的带条结构 332 和 332'均具有一致的宽度  $W_1$  和  $W_2$  以及间隔  $S_1$ ，但可以采用任何具有各种宽度  $W_1$  和  $W_2$  以及各种间隔  $S_1$  的带条结构和设置。例如，美国专

利申请号 09/802619 中描述了具有不同宽度  $W_1$  和  $W_2$  以及优化的间隔  $S_1$  的带条结构设置, 该申请于 2001 年 3 月 8 日提交, 标题为“HIGH CONTRAST GRATING LIGHT VALVE”, 这里将其内容引入作为参考。此外, 虽然优选的微结构包括氮化硅底层, 反射金属顶层和二氧化硅层, 但是应该理解, 可以在不背离实施例精神和范围的前提下改变氮化硅底层, 反射金属顶层和二氧化硅层的组成。例如, 反射金属顶层可由合金制得, 氮化硅层和氧化硅层可以包含杂质和/或掺杂剂例如硼, 磷等等。

参照图 4, 该实施例可包括在 MEMS 中。MEMS 可由具有任何数量或简单或复杂的配置, 但是它们的运行都是基于利用该结构的基振频率以将定时信号提供给耦合电路的基本原理。参照图 4, 谐振器结构 402 具有一组可动的梳形部件 401 和 401', 它们在一组配套的梳形转换器 405 和 405'之间振动。谐振器结构 402, 像钟摆, 具有基本谐振频率。该梳形部件 401 和 401'通过固定件 403 和 403'固定到接地板 409 上。工作时, 在谐振器 402 和接地板 409 之间施加直流偏压。对梳形转换器 405 和 405'施加交流激励频率, 引起可动梳形部件 401 和 401'振动, 并产生动生(motional)输出电流。该动生输出电流经电流-电压放大器 407 放大并反馈到谐振器结构 402 中。该正反馈环使振荡器 400 不稳定并导致谐振器结构 402 产生持续的振荡。第二动生输出电流产生到接头 408, 它耦合到用于接收由振荡器 400 所产生的定时信号的电路上。根据这个实施例, 在梳形结构和/或梳形结构的指上可以形成固定支承部件和柱支承部件, 以便将 MEMS 振荡器调谐到最佳工作频率。

图 5a 示出微器件 550 在箭头 571 和 573 的平面内的俯视图。该微器件 550 包括具有一个或者多个梳形结构 557 和 559 的芯片 551。每个梳形结构 557 和 559 具有多个可动的带条微结构。梳形结构 557 和 559 中的一个或者多个最好与电路 561 电连接, 电路 561 也在芯片 551 上并将其设置为可以选择性地移动一个或者多个梳形结构 557 和 559 中的带条。梳形结构 557 和 559 最好通过固定部件 555 和 545 连接和/或固定到芯片 551 上。固定部件 555 和 545 最好包括多个例如下面所详细描述的那些固定支承部件和柱支承部件。微器件 550 还最好具有封闭区域, 其在梳形结构 557 和 559 四周, 用于密封光学盖子, 正如上面详细描述的一样。

图 5b 示出图 5a 所示的微器件 550 在箭头 571 和 572 构成的平面上的侧向截面示意图，该平面经过图 5a 中的线 A-A，与由 571 和 573 构成的平面垂直。从图 5b 所示的侧面可以看出，梳形结构 557 和 559 悬置在电路片 551 的表面的上方。如图所示，封闭区域 590 可以包括钝化层 582，以保持悬置的梳形结构 557 和 559 上方的盖子 575。盖子 575 最好由玻璃、硅、或者其它材料或者适于当前应用的各种材料也即对于要调制的光的一个或者多个波长透明的材料的组合来构成。

现在参照图 6a，微结构配置 600 包括悬臂或者带条结构 604。如上所详细描述的一样，该结构 604 最好包括氮化硅层 607 和反射性顶层 605。该结构 604 通过支承区域 603 与合适的基板（未示出）相连。最好通过一个或者多个较大的固定支承部件 611 以及一个或者多个较小的柱支承部件 613 将该结构 604 连接到基板上。如下面所要详细解释的，将固定支承部件 611 和柱支承部件 613 分开第一距离  $D_1$ （该距离可在制造微结构配置 600 期间选择），使得结构 607 表现出最佳设置的物理和/或机械性质。根据实施例，较大的固定件 611 最好具有 5.0 至 20 微米范围内的平均截面宽度  $W_s$ ，而柱支承部件 613 最好具有 0.5 至 5.0 微米范围内的平均截面宽度  $W_p$ 。然而，应该理解，所选择的固定支承部件和柱支承部件的实际大小取决于结构 604 的大小。

根据实施例中的方法，通过选择固定支承部件 611 和柱支承部件 613 之间的间隔，或者通过提供虚线所示的额外的柱支承部件 613' 使得固定支承部件 611 和第二柱支承部件 613' 隔开第二距离  $D_2$ ，可以在制造微结构配置 600 期间调整该结构 604 的物理或者机械性质。因而，结构 604 由更大的支承区域 603' 来支承，并且一般会需要更多的能量来使结构 604 的活动部分 608 偏转或者移动。

图 6b 示出由单个固定支承部件 611 和单个柱支承部件 613 组成的微结构 604 的俯视图。图 6c 示意性地绘出了支承区域 603 所提供的有效支承表面区域，该支承区域包含一个固定支承部件 611 和一个柱支承部件 613。注意该有效支承表面区域与  $W_s$  和  $L_s$  相关。对于更大的带条结构而言，它两端都受支承且处于高应力和/或高张力下，仅仅具有一个固定支承部件和一个柱支承部件的支承区域可能不会提供充分的结构支承。

现在参照图 7a，根据实施例所述的微结构 704 最好由一个或者多

个包含多个固定支承部件 711 和 711' 以及多个柱支承部件 713 和 713' 的支承区域 703 来支承。如图 7b 所示，通过在每个支承区域内提供多个固定支承部件和多个柱支承部件，每个支承区域 703 中的有效支承区域（与  $L_{S2}$  和  $W_{S2}$  相关）能够得以增大。因此，支承区域例如 703 具有支承表现出更高应力和/或张力的微结构的潜力。

图 7c 示出悬置的微结构 707 的一部分，其由支承区域 703 支承在一个合适的基板 701 上面，该支承区域如上所述包括多个固定支承部件 711 和 711' 以及多个柱支承部件 713 和 713'。微结构 707 最好是带条结构，其还由位于相对的 707 端的第二支承区域所支承，第二支承区域也具有多个固定支承部件和多个柱支承部件。

根据实施例中的方法，固定支承部件和柱支承部件是由类似的工作形成。图 8a - e 用来解释固定支承部件或者柱支承部件的形成。参照图 8a，在合适的基板结构 802 上沉积一层牺牲材料 801，例如多晶硅，如下面所详细解释的一样，其最好包含氧化物层。蚀刻该牺牲层 801，以形成图案化的牺牲层 801'，其具有图 8b 所示的支承凹槽或者支承凹窝这样的图案。蚀刻牺牲层 801 使得最好将基板表面 805 的一部分暴露出来，并且因此可用于连接器件层 803'，正如下面所详细描述的一样。

在形成了支承凹槽或者支承凹窝 804 后，在图案化的牺牲层 801' 上形成器件层 803，使得一部分器件层 803 形成在基板 805 暴露着的表面上并经过支承凹槽或支承凹窝 804，这样形成支承部件。如下面所详细描述的，器件层 803 最好包括氮化硅并且还可以包括一个或者多个氧化硅层和/或反射性顶层。

现在参照图 8d，在形成器件层 803 之后，蚀刻或者部分蚀刻图案化的牺牲层 801'，以形成空隙或者间隙 801'' 和释放 (release) 器件层 803，该器件层 803 通过形成于支承凹槽 804 中的支承部件与基板 802 保持连接。最好通过干蚀刻工艺来蚀刻图案化的牺牲层 801'，例如美国专利申请 09/952626 中所描述的一样，该申请于 2001 年 9 月 13 日提交，名称为“MICRO-ELECTRONIC MECHANICAL SYSTEM AND METHODS”，这里将其内容引入作为参考。在本发明的优选方法中，在蚀刻牺牲层 801' 之前将器件层 803 切割或者划分为带条结构，由此每个释放的带条结构就通过含有多个固定支承部件和多个柱支承部件的支承区域保

持着于基板 802 的连接。图 8e 示出与基板 802 相连并且支承着根据上述方法形成的释放的器件层 803 的固定件或者柱件 811 的透视图。

图 9 示出根据一个优选结构的包含多层的带条结构 908 的截面图象。该微器件包括基板 902，其可以包括晶片层 901 和氧化硅层 903 和 907 以及位于其间的多晶硅层 905。层 901, 903, 905 和 907 的厚度根据当前应用而改变。然而，如前所述，最好存在氧化物层 907，以连接带条结构 908。如前所述，带条结构 908 最好包括一层氮化硅 911 和一层由铝构成的反射性顶层 915。在一些应用中，可以提供层厚度在 500 至 2000 埃范围内的一层氧化硅 913，以便减小氮化硅层 911 和反射性顶层 915 之间的应变。

仍然参考图 9，最好将带条结构 908 悬置在基板结构 902 的上方，以使在带条结构 908 和基板结构 902 之间形成一个或者多个间隙 909。如前所述，最好通过固定支承部件 920 和 925 以及柱支承部件 923 和 927 将带条结构 908 支承到或者连接到基板结构 902 上，其中多个固定支承部件和多个柱支承部件支承着带条结构 908 的每个端部。

现在参照图 10，根据实施例所述的 MEM 器件 950 具有多个带条结构 969, 971, 973, 975, 977，它们通过每个带条结构 969, 971, 973, 975, 977 的两端支承在合适的基板结构 951 上。这些带条 969, 971, 973, 975 和 977 平行设置并且分开一个 0.2 至 2.0 微米范围内的距离  $S_3$ 。带条结构 969, 971, 973, 975 和 977 的长  $L_3$  最好在 50 至 500 微米范围内，宽  $W_3$  在 4.0 至 40 微米范围内。支承区域 953 最好包括多个固定支承部件 961 和多个柱支承部件 903 和 965，它们沿着带条结构 969, 971, 973, 975 和 977 的相邻端部平行成排设置。根据另一个实施例，MEM 器件可以具有多组带条，如图 11 所示，该带条具有间隔不同或者交替改变的固定支承部件和柱支承部件。

现在参照图 11，根据另一实施例，微器件 150 具有第一组带条结构 180，其具有第一组固定支承部件 161 和柱支承部件 163。第一组固定支承部件 161 和柱支承部件 163 分开一个距离  $D_4$ ，以便提供第一组有效区域 55。第二组带条结构 190 具有第二组固定支承部件 171 和柱支承部件 173。第二组固定支承部件 171 和柱支承部件 173 分开一个不同的距离  $D_5$ ，以便提供第二组有效区域 56。有效区域 55 和 56 将具有不同的机械和物理性质，并且因此将以不同的频率工作或者将

由不同的开关电压激励。图 11 仅仅用于解释，应认为任何变化都落在该实施例的范围内。此外，虽然所示意性示出的第一组带条结构 180 和第二组带条结构 190 在每端具有单个固定支承部件和柱支承部件，但是应理解，如上面所详细描述的，这组带条 180 和 190 内的每个带条最好通过含有多个固定支承部件和多个柱支承部件的支承区域来连接。

本发明提供了可以在制造过程中通过选择固定支承部件和柱支承部件之间的间距而进行调整的 MEM 器件和/或光学 MEM 器件。实施例中的 MEM 器件最好具有多个可动微结构，每个微结构由多个固定支承部件和多个柱支承部件支承。更好的是，实施例中的 MEM 器件具有多个带条结构，每个带条结构由多个固定支承部件和多个柱支承部件在相对的两端支承。

本发明已经根据具体的实施例并结合细节进行了描述，以便理解本发明的结构和操作的原理。虽然实施例中的优选微器件是光学 MEM 器件，但是本发明对于许多微结构以及包括悬臂器件在内的微结构器件的制造都是有用的。如这里所讨论的特定的实施例和其中的细节并不意欲限制后面所附权利要求的范围。对于本领域普通技术人员而言，显然，在不背离本发明的精神和范围的前提下可以对用于解释的所选实施例进行各种修改。

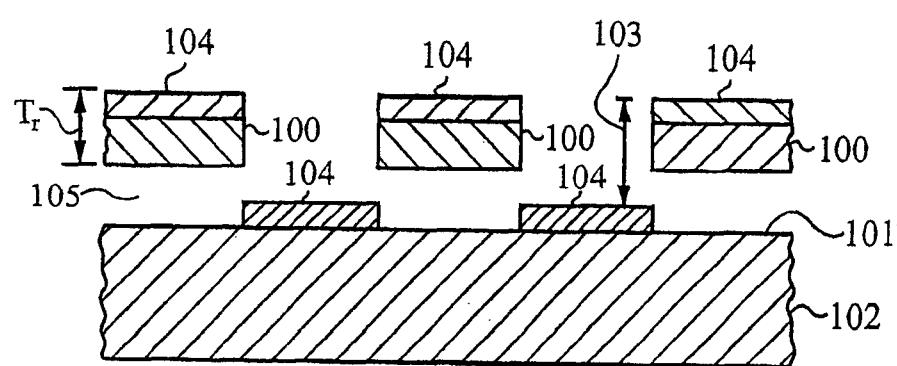


图 1A

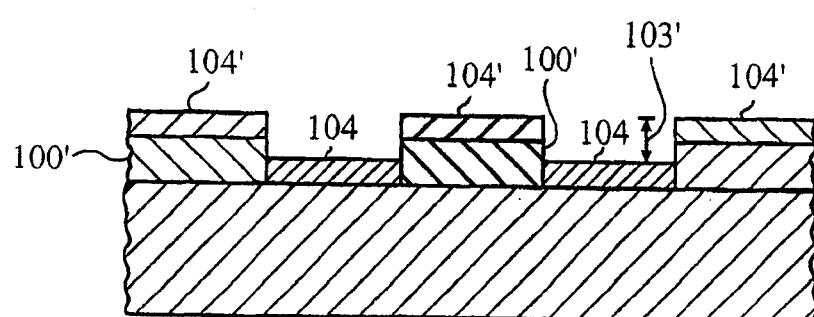


图 1B

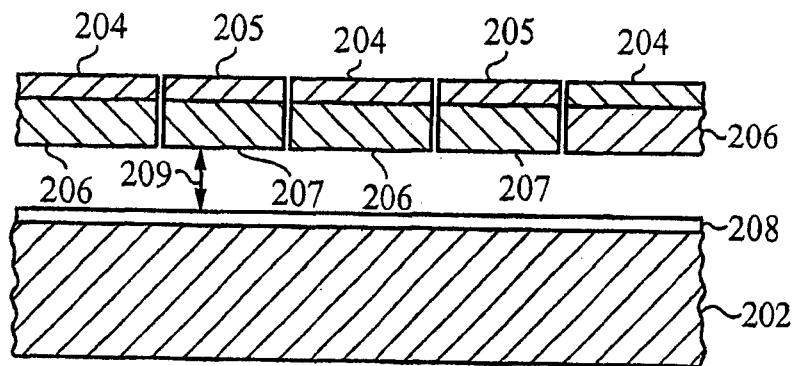


图 2A

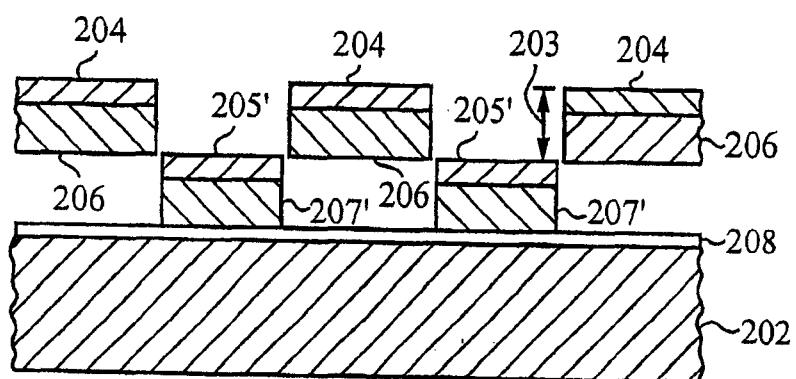


图 2B

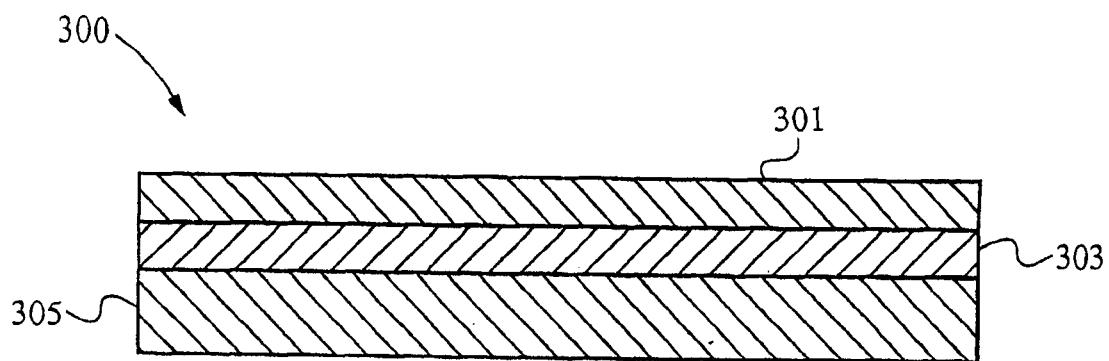


图 3A

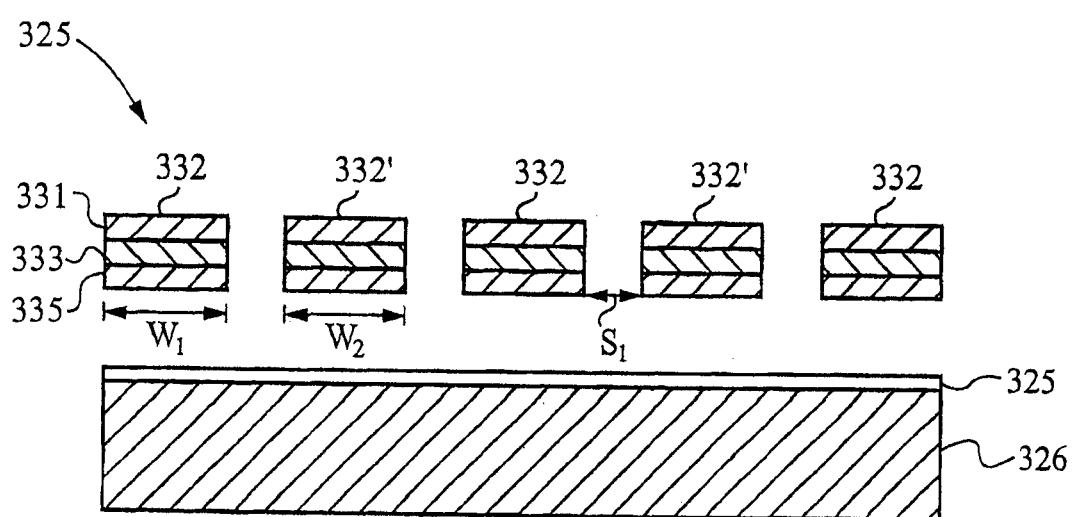


图 3B

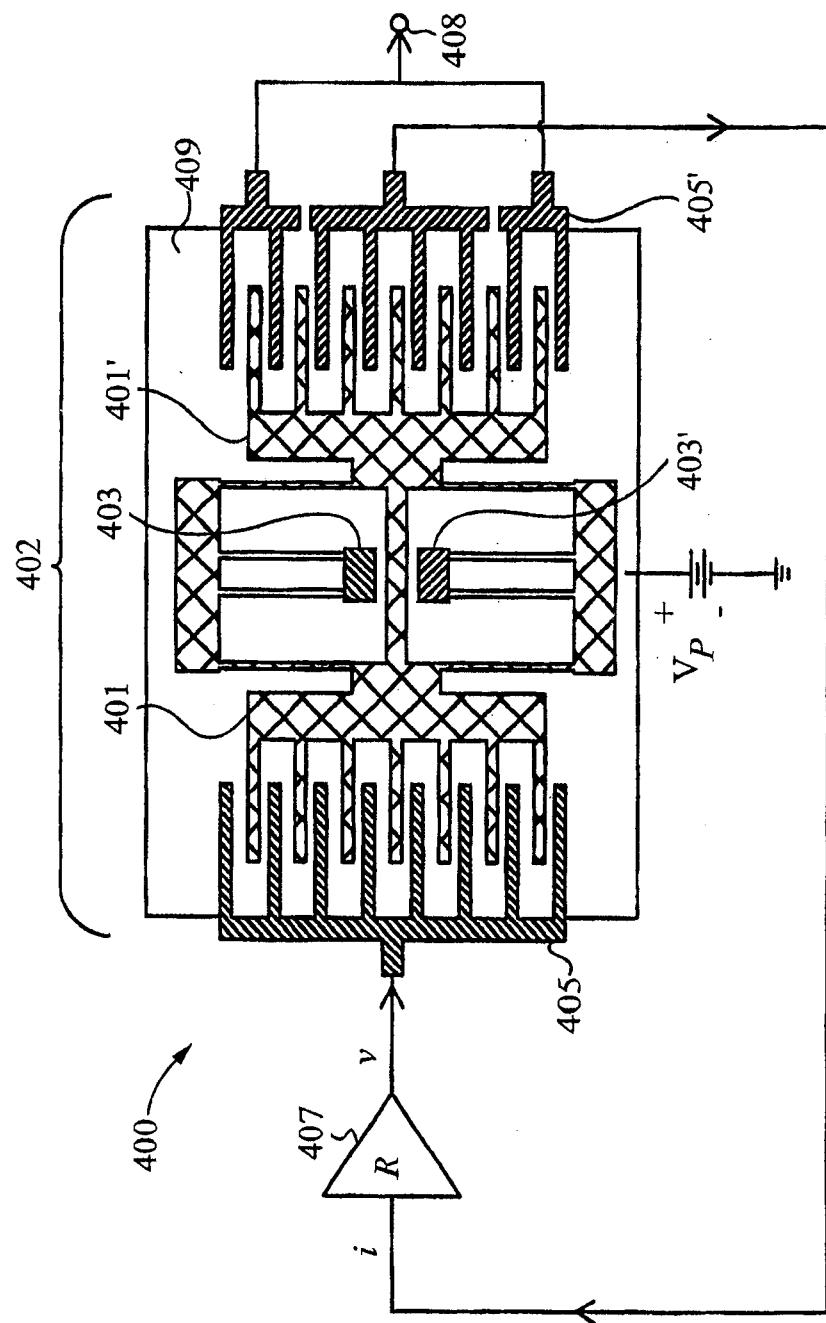


图 4

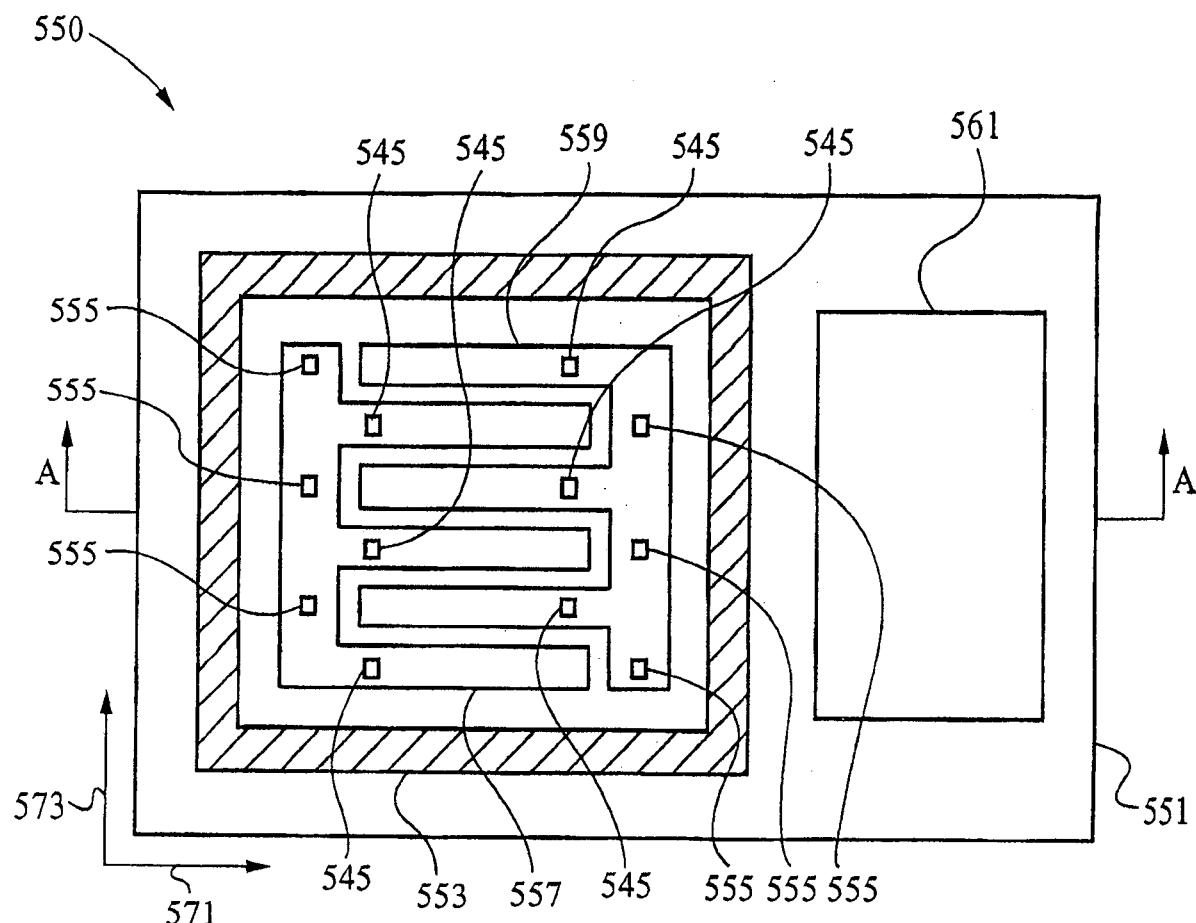


图 5A

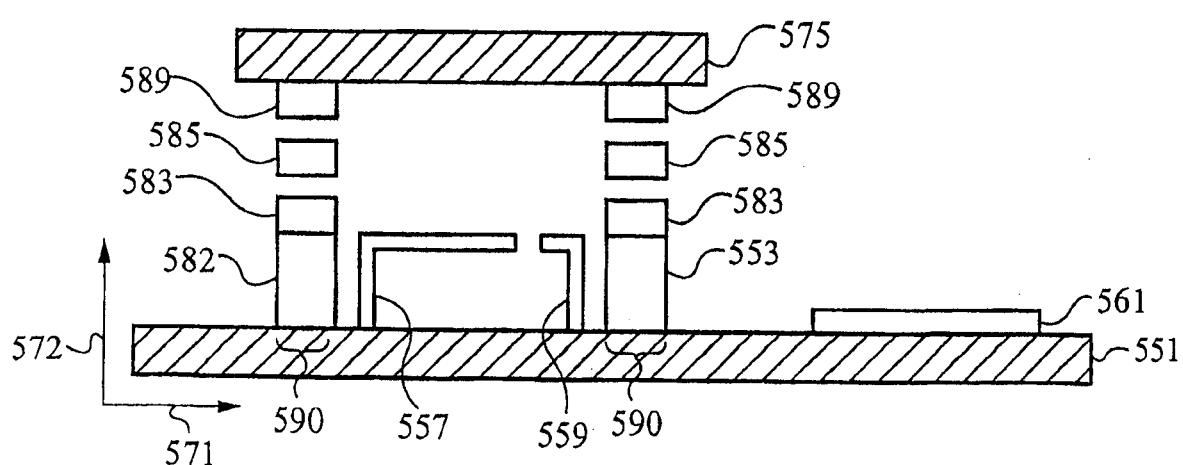


图 5B

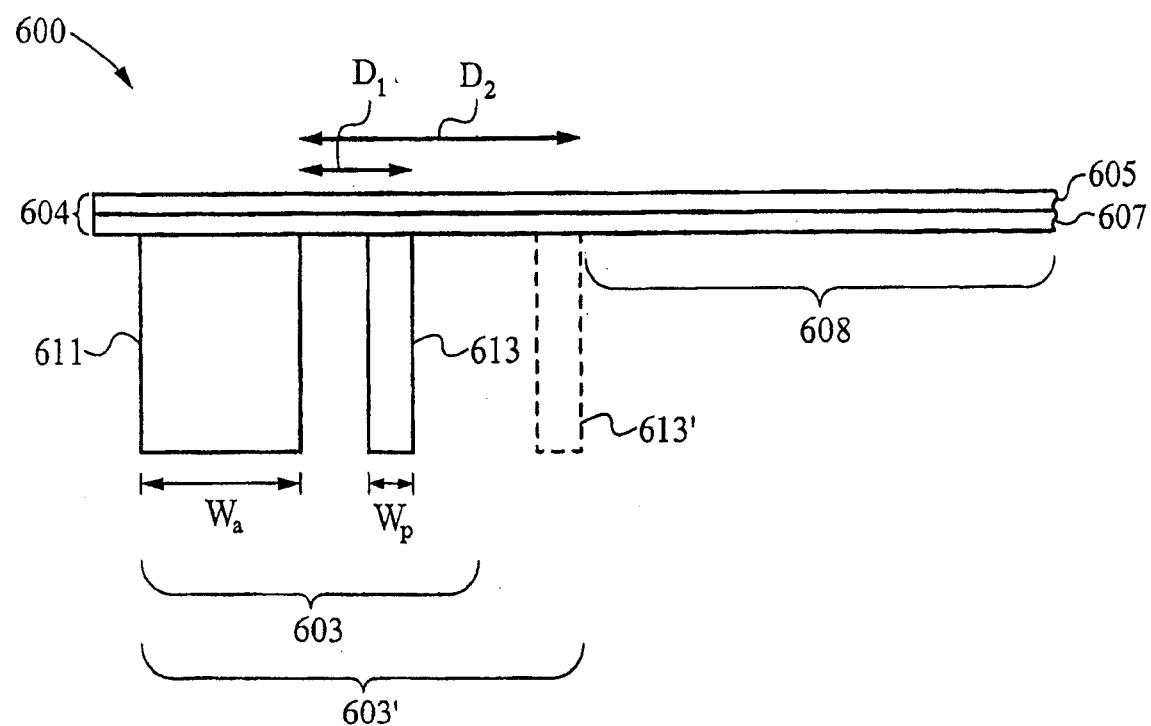


图 6A

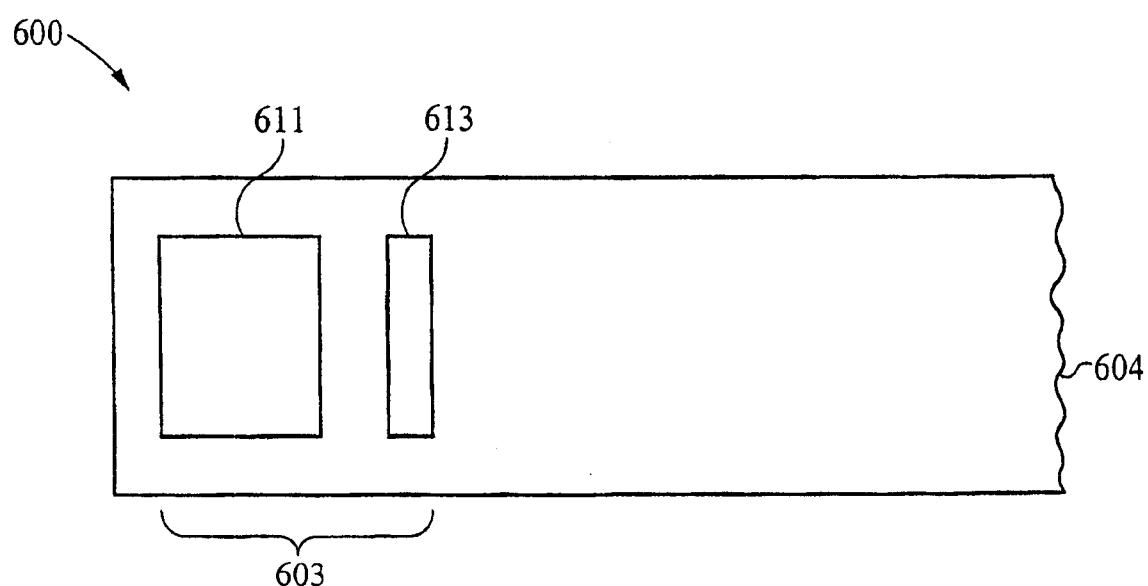


图 6B

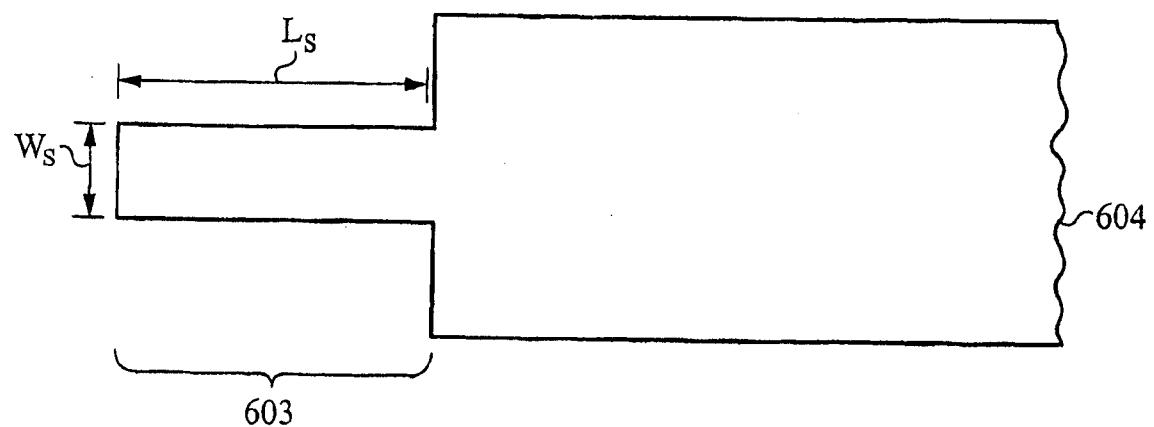


图 6C

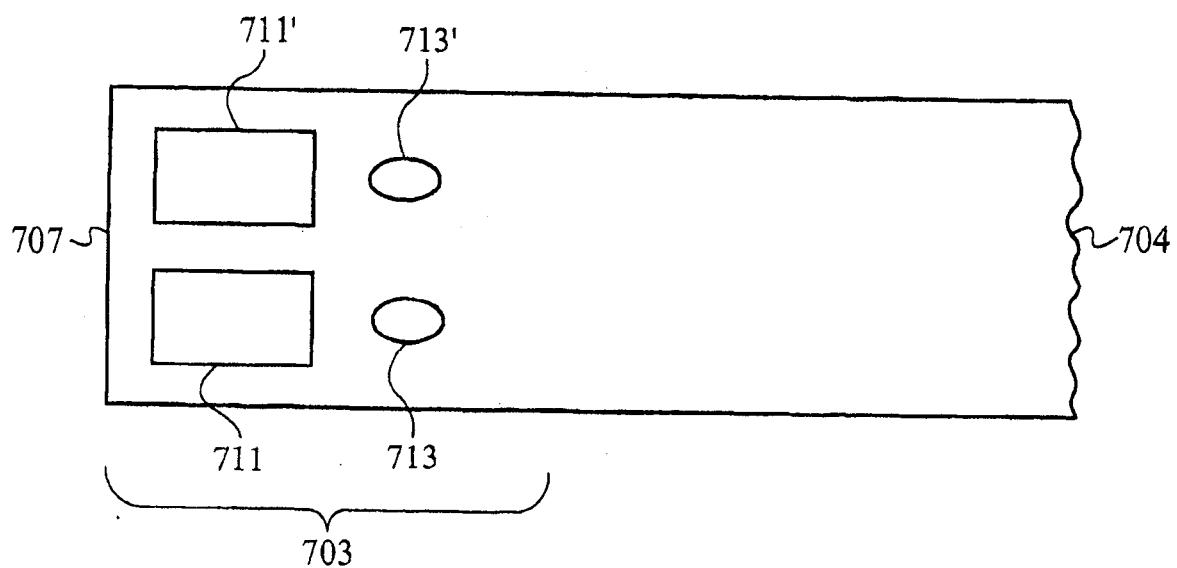


图 7A

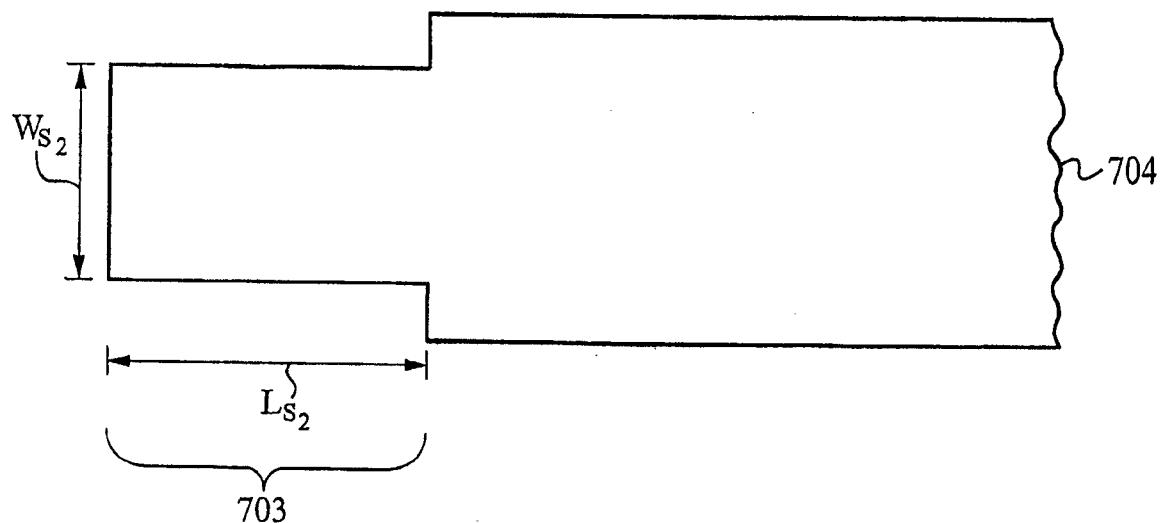


图 7B

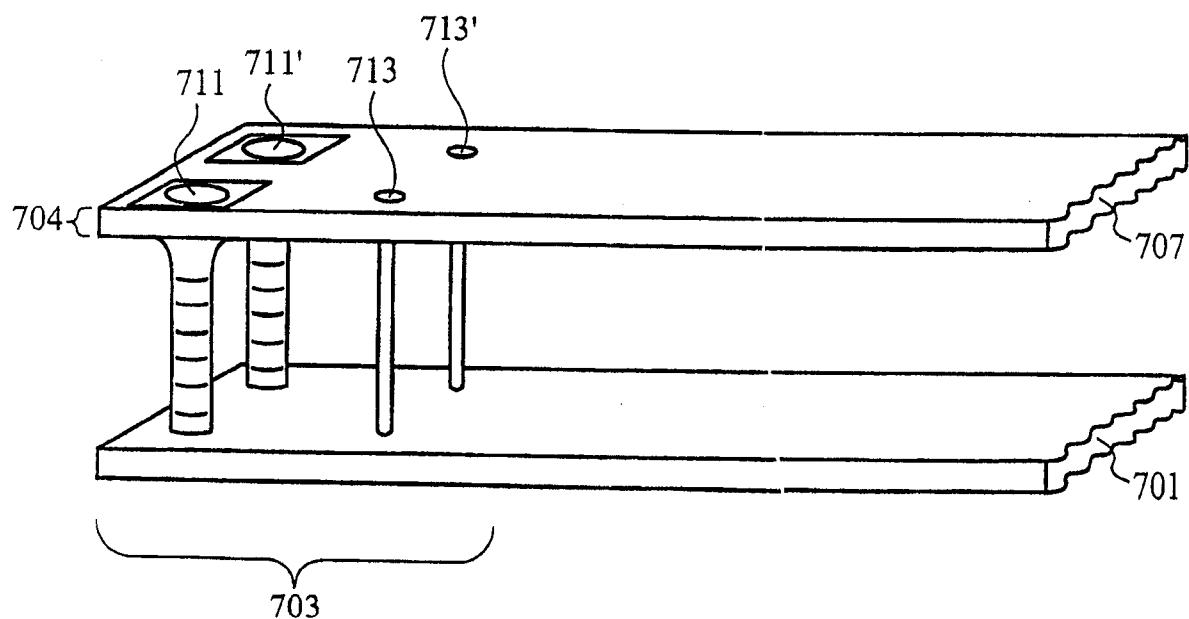


图 7C

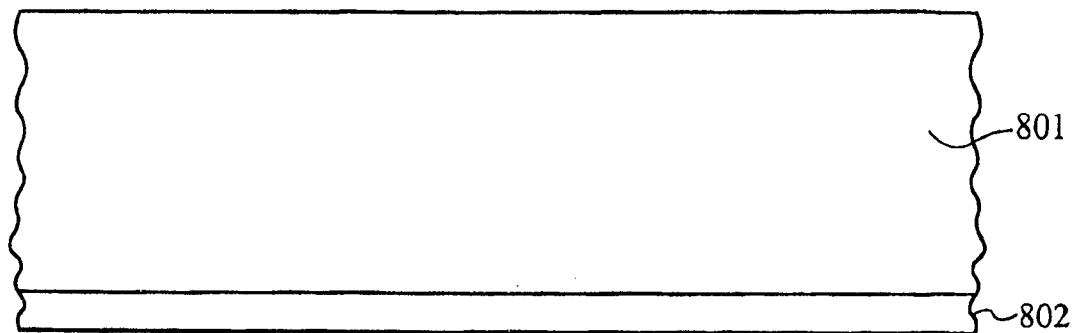


图 8A

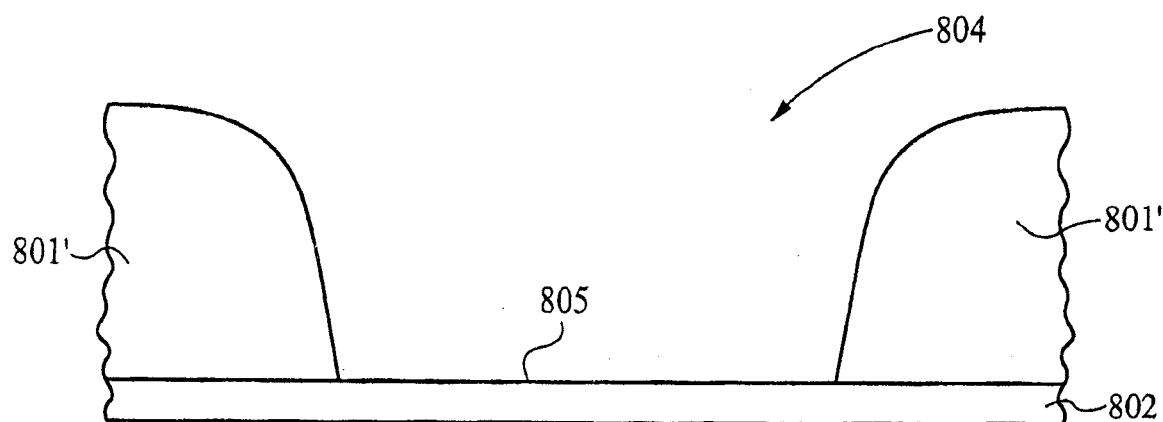


图 8B

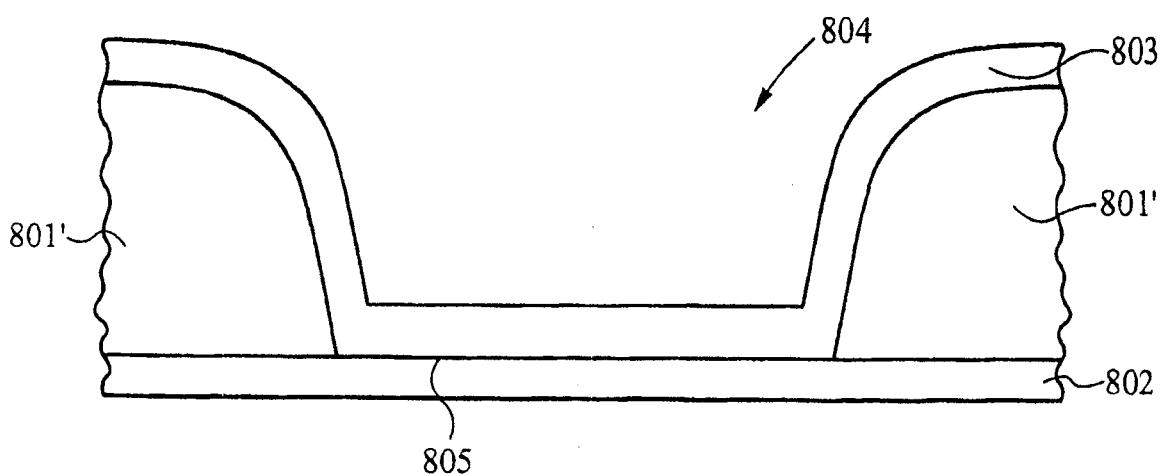


图 8C

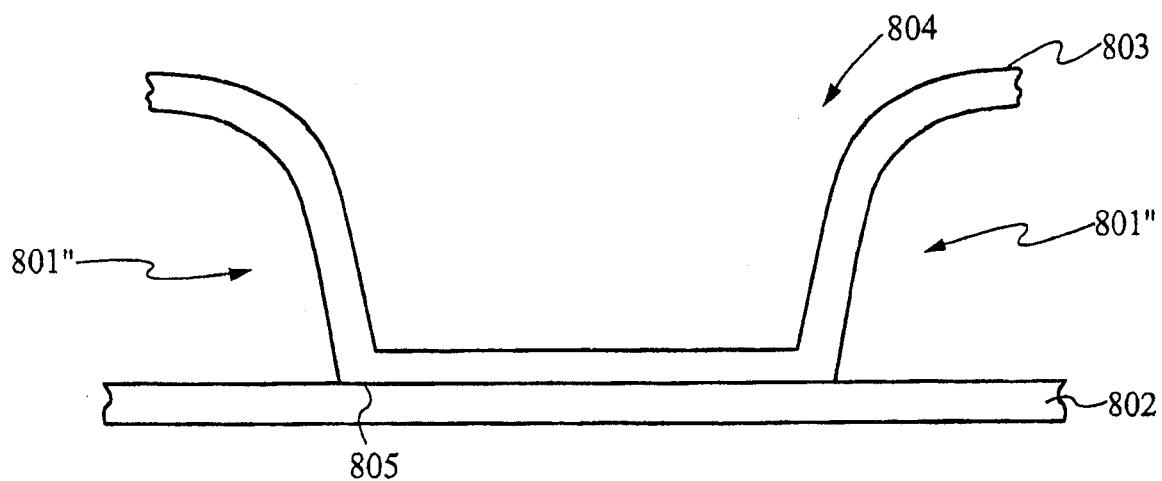


图 8D

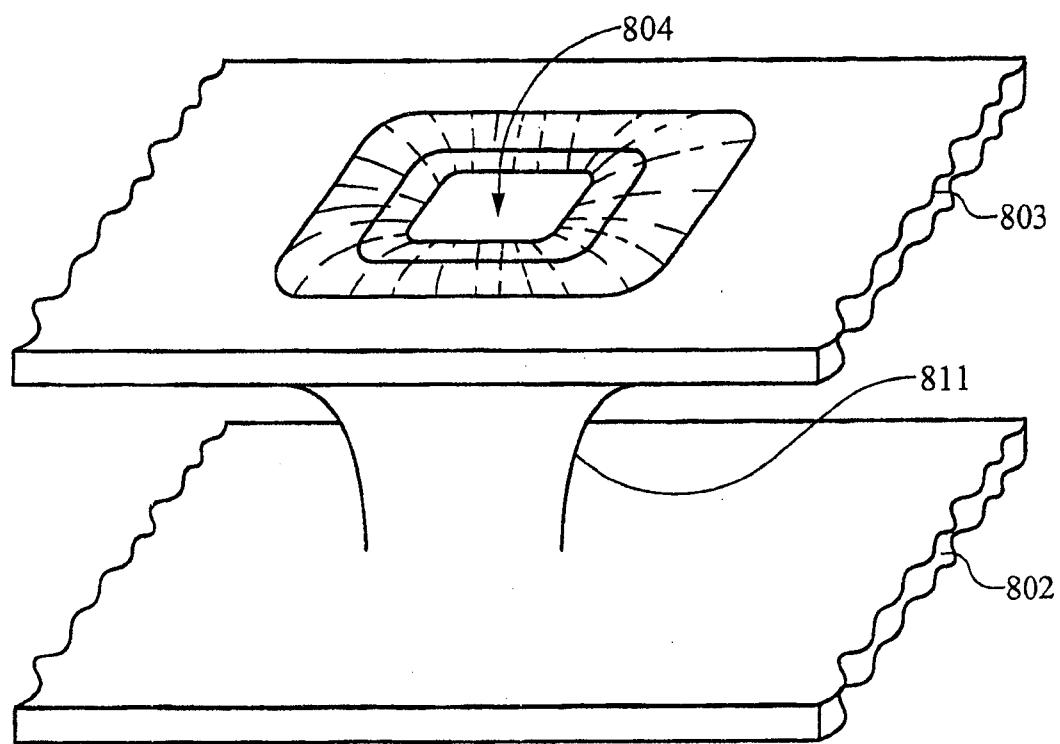


图 8E

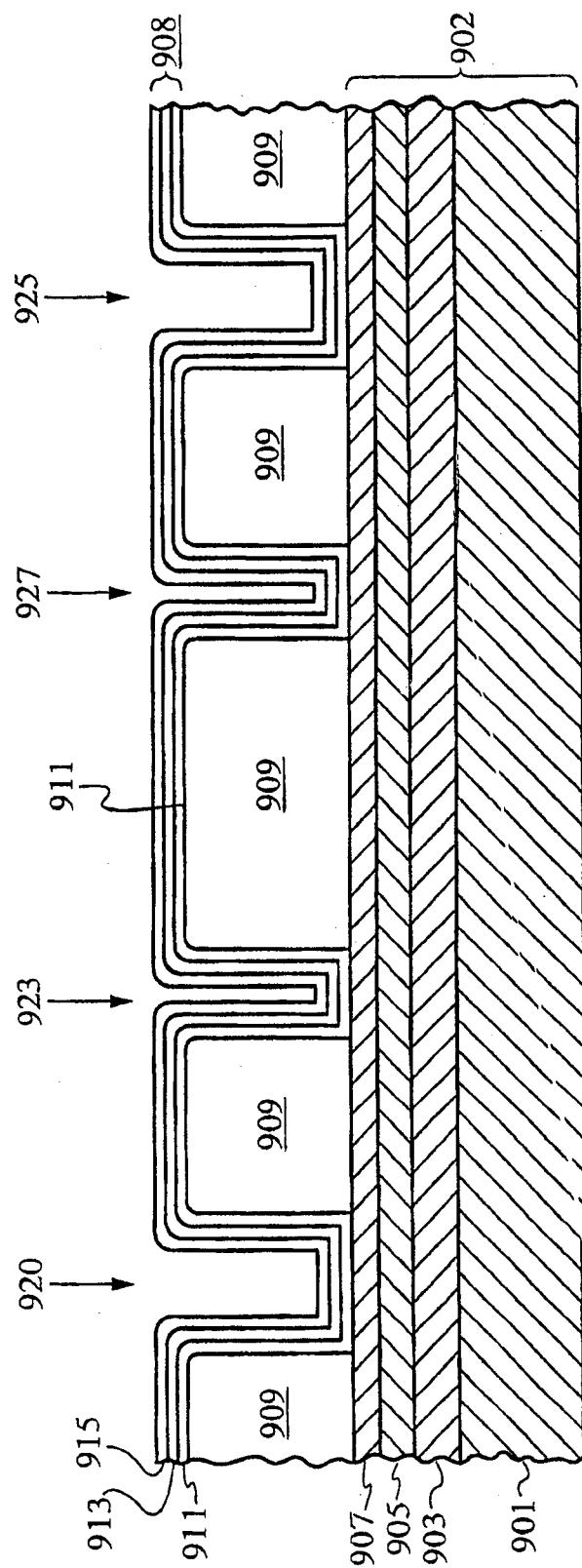


图 9

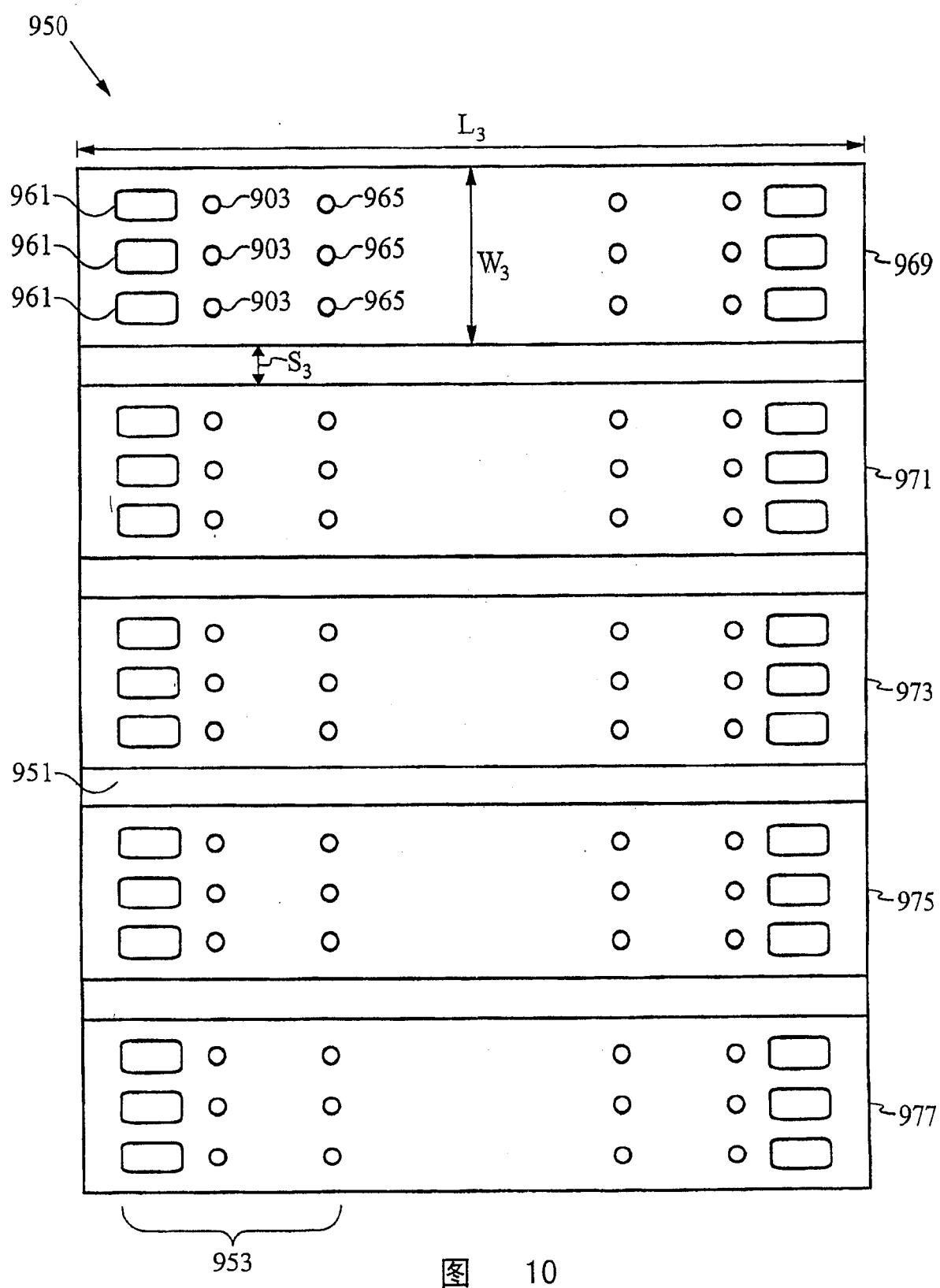


图 10

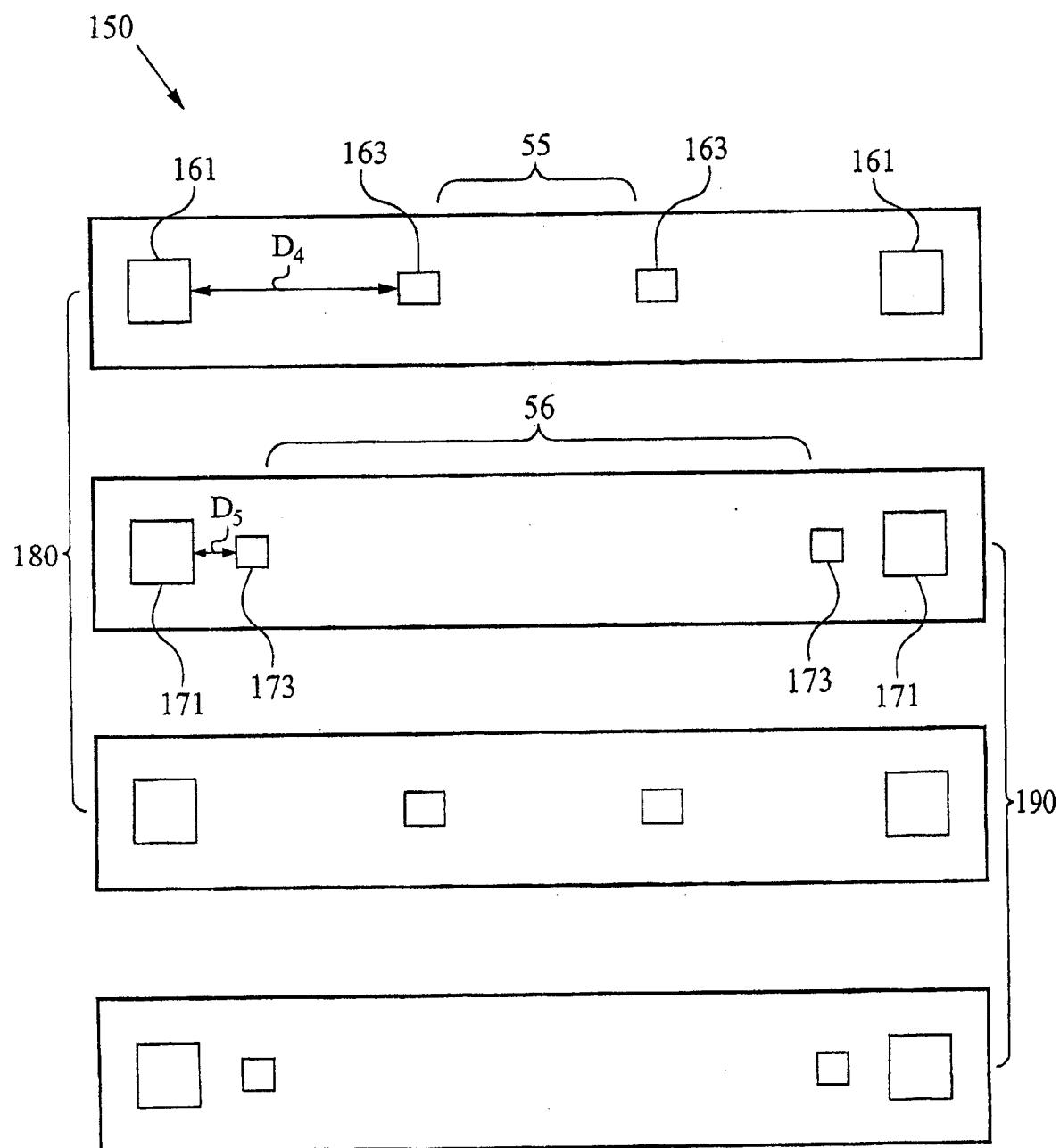


图 11