

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03801620.6

[51] Int. Cl.

H01L 41/22 (2006.01)

H01L 41/08 (2006.01)

G01C 19/56 (2006.01)

G01P 9/04 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008年7月16日

[11] 授权公告号 CN 100403571C

[22] 申请日 2003.8.20 [21] 申请号 03801620.6

[30] 优先权

[32] 2002.8.21 [33] JP [31] 240134/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/010492 2003.8.20

[87] 国际公布 WO2004/019426 日 2004.3.4

[85] 进入国家阶段日期 2004.5.25

[73] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 中谷将也 多鹿博文

[56] 参考文献

JP11-111677A 1999.4.23

CN1210255A 1999.3.10

JP6-174739A 1994.6.24

JP2-187025A 1990.7.23

CN1197548A 1998.10.28

审查员 陶应磊

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 汪惠民

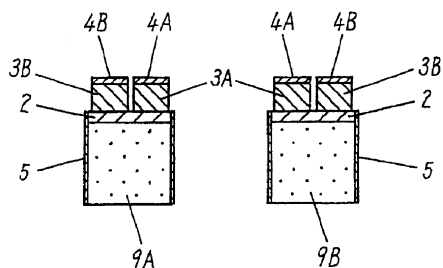
权利要求书3页 说明书7页 附图6页

[54] 发明名称

共振器件的制造方法

[57] 摘要

本发明提供一种共振器件的制造方法，在硅基板上形成压电体和电极，压电体和电极利用光刻形成图形。蚀刻硅基板，形成结构体。在结构体的至少一个面形成保护膜。蚀刻未形成保护膜的结构体的面，获得共振器件。一面测定共振频率，一面沿结构体的厚度方向蚀刻该结构体。借此，可以将共振器件的共振频率和失调频率调整为规定的值。



- 1、一种共振器件的制造方法，包括  
在硅基板的面上形成压电体层及电极层的工序，  
蚀刻前述硅基板形成结构体的工序，所述结构体具有第一面和第二面及第三面，前述第三面对应于前述硅基板的所述面，前述第二面与前述第三面平行，前述第一面与前述第三面不平行，  
在形成前述结构体工序之后，在与前述硅基板的上面交叉的前述结构体的第一面上形成保护膜的工序，  
在形成前述保护膜的工序之后，蚀刻与前述硅基板的上面平行的前述结构体的第二面的工序，  
在蚀刻前述结构体的前述第二面的工序之间，进一步包括测定前述结构体的共振频率的工序，  
蚀刻前述结构体的前述第二面的工序，包括基于前述测定的共振频率控制蚀刻前述结构体的前述第二面的量的工序。
- 2、如权利要求1所述的制造方法，其中，形成前述结构体的工序包括利用促进蚀刻的第一气体和抑制蚀刻的第二气体蚀刻前述硅基板的工序。
- 3、如权利要求2所述的制造方法，其中，形成前述结构体的工序包括利用前述第一气体和前述第二气体的混合气体蚀刻前述硅基板的工序。
- 4、如权利要求2所述的制造方法，其中，前述第一气体包含  $\text{SF}_6$ ，前述第二气体包含  $\text{C}_4\text{F}_8$  和  $\text{CHF}_3$  中之一。
- 5、如权利要求1所述的制造方法，其中，前述保护膜由氟化碳聚合物构成。
- 6、如权利要求1所述的制造方法，其中，蚀刻前述结构体的前述第二面的工序包括用  $\text{XeF}_2$  气体干法蚀刻前述第二面的工序。
- 7、如权利要求1所述的制造方法，其中，所述共振频率是在从所述结构体的所述第三面朝向所述结构体的所述第二面的方向上振动的共振频率。
- 8、如权利要求7所述的制造方法，其中，控制蚀刻前述结构体的前述第二面的量的工序包括，在所述共振频率等于规定值时，结束对前述结构

体的前述第二面进行蚀刻的工序。

9、如权利要求 7 所述的制造方法，其中，进一步包括将前述结构体安装到安装构件上的工序，

测定前述结构体的前述共振频率的工序，包括测定安装到前述安装构件上的前述结构体的前述共振频率的工序。

10、如权利要求 1 所述的制造方法，其中，前述结构体具有音叉的形状。

11、一种共振器件的制造方法，包括  
在硅基板的面上形成压电体层及电极层的工序，  
蚀刻前述硅基板形成结构体的工序，  
蚀刻前述结构体的工序，  
在蚀刻前述结构体的工序之间测定前述结构体的共振频率的工序，  
基于前述测定的共振频率，在蚀刻前述结构体的工序中控制蚀刻前述结构体的量的工序。

12、如权利要求 11 所述的制造方法，其中，形成前述结构体的工序，包括利用促进蚀刻的第一气体和抑制蚀刻的第二气体蚀刻前述硅基板的工序。

13、如权利要求 12 所述的制造方法，其中，形成前述结构体的工序，包括利用前述第一气体和前述第二气体的混合气体蚀刻前述硅基板的工序。

14、如权利要求 12 所述的制造方法，其中，前述第一气体包含  $\text{SF}_6$ ，前述第二气体包含  $\text{C}_4\text{F}_8$  和  $\text{CHF}_3$  中之一。

15、如权利要求 11 所述的制造方法，其中，蚀刻前述结构体的工序，包括用  $\text{XeF}_2$  气体干法蚀刻前述结构体的工序。

16、如权利要求 11 所述的制造方法，其中，控制蚀刻前述结构体的量的工序包括，在所述共振频率等于规定值时，结束对前述结构体进行蚀刻的工序。

17、如权利要求 11 所述的制造方法，其中，进一步包括将前述结构体安装到安装构件上的工序，

测定前述结构体的前述共振频率的工序，包括测定安装到前述安装构

件上的前述结构体的前述共振频率的工序。

18、如权利要求 11 所述的制造方法，其中，前述结构体具有音叉的形状。

19、如权利要求 11 所述的制造方法，其中，蚀刻前述结构体的工序，包括蚀刻前述结构体的第一面的工序。

20、如权利要求 11 所述的制造方法，其中，蚀刻前述结构体的工序，包括蚀刻前述结构体的拐角部的工序。

21、如权利要求 11 所述的制造方法，其中，所述共振频率是在从所述结构体的所述第三面朝向所述结构体的所述第二面的方向上振动的共振频率。

## 共振器件的制造方法

### 技术领域

本发明涉及利用物体的机械共振现象的用于加速度传感器、角速度传感器、共振器、过滤器等中的共振器件的制造方法。

### 背景技术

美国专利第 5438231 号描述的现有技术的作为共振器件的角速度传感器，是一种配备有由硅等非压电材料构成的音叉状的结构体，形成在结构体上的下部电极，形成在下部电极上的压电体，形成在压电体上的多个上部电极，通过在下部电极和上部电极之间外加电压，音叉状结构体发生振动。当结构体在振动状态由外部给予角速度时，由于克里奥力向垂直于振动方向的方向位移。借助这种位移，在上部电极和下部电极之间发生电压，通过作为位移量进行测定该电压，可以测定角速度。

在利用音叉状的结构体的角速度传感器中，为了提高驱动效率和检测灵敏度，有必要使结构体的驱动方向的共振频率和检测方向的共振频率相互接近并且相差规定的值。这些共振频率分别由音叉状的结构体的臂部的宽度及厚度尺寸决定，这些尺寸需要 $\pm 1\mu\text{m}$ 以下的极高的精度。

为了实现这种尺寸精度，利用光刻及腐蚀沿宽度方向加工，利用机械磨削沿厚度方向加工。这些加工方法对于决定音叉状结构体的臂部的宽度方向、厚度方向的共振频率的绝对值起着重要的作用。进而，作为决定角速度传感器的灵敏度的重要因素，不仅有必要将上述共振频率的绝对值设定成规定值，而且有必要将共振频率之差，即，失调频率设定成规定值。

作为将它们制成规定值的指标，在结构体的加工中，只能正确测定结构体的臂部的宽度或厚度的形状或尺寸，很难正确测定实际的共振频率。从而，在上述方法中，很难将该失调频率作为指标进行结构体的加工。

## 发明内容

在硅基板上形成压电体及电极，压电体及电极利用光刻形成图形。将硅基板蚀刻形成结构体。在结构体的至少一个面上形成保护膜。蚀刻没有形成保护膜的结构体的面，获得共振器件。一面沿其厚度方向测定共振频率，一面高精度地蚀刻结构体。借此，可以将共振器件的共振频率和失调频率调整成规定的值。

## 附图说明

图 1 是根据本发明的实施形式 1~3 的作为共振器件的角速度传感器的立体图。

图 2 是表示根据实施形式 1 的角速度传感器的制造工序的、图 1 的线 2-2 处的剖面图。

图 3 是表示根据实施形式 1 的角速度传感器的制造工序的、图 1 的线 2-2 处的剖面图。

图 4 是表示根据实施形式 1 的角速度传感器的制造工序的、图 1 的线 2-2 处的剖面图。

图 5 是表示根据实施形式 1 的角速度传感器的制造工序的、图 1 的线 2-2 处的剖面图。

图 6 是表示根据实施形式 1 的角速度传感器的制造工序的、图 1 的线 2-2 处的剖面图。

图 7 是表示根据实施形式 1 的角速度传感器的制造工序的、图 1 的线 2-2 处的剖面图。

图 8 是表示根据实施形式 1 的角速度传感器的制造工序的、图 1 的线 2-2 处的剖面图。

图 9 是安装到包装内的根据实施形式 1 的角速度传感器的立体图。

图 10 是表示图 9 所示的角速度传感器的制造工序的、线 10-10 处的

剖面图。

图 11 是表示图 9 所示的角速度传感器的制造工序的、线 10—10 处的剖面图。

图 12 是表示图 9 所示的角速度传感器的制造工序的、线 10—10 处的剖面图。

图 13 是表示根据实施形式 1 的另一角速度传感器的制造工序的、图 1 的线 2—2 处的剖面图。

图 14 是表示根据实施形式 2 的角速度传感器的图 1 的线 2—2 处的剖面图。

图 15 是表示根据实施形式 3 的角速度传感器的制造工序的、图 1 的线 2—2 处的剖面图。

图中：1 音叉状的结构体，2 下部电极，3 压电体，3A 驱动用压电体，3B 检测用压电体，4 上部电极，4A 驱动用电极，4B 检测用电极，5 保护膜，6 电极垫，7 基部，8 包装，9A 背部，9B 背部，10 导线，11 外部电极，12 抗蚀剂掩模，13 抗蚀剂掩模，14 硅基板，15 蚀刻装置，16 计测器，17 气体导入口，102 白金层，103 钛锆酸铅（压电体），104 金层（上部电极层）

## 具体实施方式

### （实施形式 1）

图 1 是根据本发明的实施形式的作为共振器件的角速度传感器的立体图。该传感器配备有由硅构成的音叉状结构体 1，设置在结构体 1 的上面的由白金构成的下部电极 2，设置在下部电极 2 的上面的由钛锆酸铅构成的驱动用压电体 3A 和检测用压电体 3B，设置在驱动用压电体 3A 的上面的驱动用电极 4A，设置在检测用压电体 3B 的说明的检测用电极 4B。下部电极 2 及上部电极 4 通过配线并通过设于结构体 1 的基部 7 上的电极垫 6 与外部连接。

下面，利用图 1 对这种角速度传感器的动作进行说明。上部电极 4 被划分成驱动用电极 4A 和检测用电极 4B，驱动用压电体 3A 和检测用压电体 3B 分别位于它们和各个下部电极 2 之间。当在驱动用电极 4A 和下部

电极 2 之间外加电压时, 驱动用压电体 3A 伸缩, 音叉状的结构体 1 的臂部 9A 和 9B 的形状发生变形, 臂部 9A 和 9B 沿平行于包含它们的面的方向 51 振动。

当臂部 9A 和 9B 振动时, 产生围绕与臂部 9A、9B 平行的旋转轴 50 的旋转运动时, 由于克里奥利力, 臂部 9A、9B 向与旋转轴 50 和振动的方向 51 垂直的方向 52 挠曲。由该挠曲在检测用压电体 3B 上传输电荷, 用检测用电极 4B 进行检测。即, 该角速度传感器, 为了驱动臂部 9A、9B, 并且检测角速度, 利用压电体 3 的压电现象, 和逆压电现象。从而, 臂部 9A、9B 的位移量越大, 越容易以高灵敏度检测出角速度。

即, 由于能够与压电体 3A 的变形量成正比检测出大的电荷, 所以, 将驱动频率设定在音叉状结构体 1 所具有的驱动方向的共振频率的附近。借此, 驱动时的位移量增大, 作为其结果, 由角速度引起的位移增大, 所以, 能够很容易检测出角速度。为了进一步增大由旋转运动中的角速度引起的压电体 3B 的位移, 优选地, 使驱动臂部的方向 51 的共振频率和臂部挠曲方向 52 的共振频率接近。当这些共振频率相互远离时, 由角速度的臂部引起的位移变得难以向检测方向传递。

但是, 在这些共振频率极端接近或相同时, 两个方向 51、52 的振动会结合起来, 由角速度引起的位移被共振所掩盖不能检测出来。即, 有必要在这些共振频率不结合的情况下, 使之尽可能接近。例如, 在驱动方向的共振频率为 20kHz 的情况下, 优选地, 令检测方向的共振频率为 19.8kHz 左右。即, 有必要将作为这些共振频率之差的失调频率, 设定在共振频率的大致 1% 以下。此外, 振动的结合不仅会由失调频率引起, 有时会由于结构体 1 的臂部 9A、9B 的形状引起。特别是, 当臂部 9A、9B 的截面形状如图 13 所示为平行四边形时, 容易引起这种振动的结合。

其次, 利用图 2~图 12 说明角速度传感器的制造方法。图 2~图 8 是在表示图 1 的角速度传感器的制造工序中的的线 2-2 上的剖面图。图 9 是安装到包装内的角速度传感器的立体图, 图 10~图 12 是表示图 9 所示的角速度传感器的制造工序的在线 10-10 上的剖面图。

如图 2 所示, 在硅基板 14 上, 通过溅射形成构成下部电极 2 的白金层 102, 在白金层 102 上利用溅射、溶胶凝胶法, 水热合成法等形成构成



压电体 3 的钛锆酸铅层 103。在钛锆酸铅层 103 上，利用溅射、真空蒸镀等通常的形成薄膜的方法形成成为上部电极 4 的金层 104。

其次，如图 3 所示，在金层 104 上利用光刻图形形成抗蚀剂掩模 12，如图 4 所示，蚀刻金层 104 和钛锆酸铅层 103，形成电极层 4A、4B 和压电体层 3A、3B。由于为了上部电极 4 和压电体 3 用掩模同时蚀刻，要求侧面蚀刻少的蚀刻，所以，这种蚀刻优选地为干法蚀刻。这里，将上部电极 4 划分为驱动用电极 4A 及检测用电极 4B，将压电体划分为驱动用压电体 3A 和检测用压电体 3B。

其次，如图 5 所示，在白金层 102 的一部分上和电极 4A、4B 上，形成抗蚀剂掩模 13，将白金层 102 蚀刻形成下部电极 2。这种蚀刻可以是干法蚀刻也可以是湿法蚀刻。在干法蚀刻中，借助利用  $\text{CF}_4$ 、氩气的通常的反应性离子蚀刻白金层 102。在湿法蚀刻中，利用盐酸和硝酸的混合液蚀刻白金层 102。

其次，如图 6 所示，原封不动地使用抗蚀剂掩模 13 利用蚀刻气体干法蚀刻硅基板 14。在这种干法蚀刻中，使用促进蚀刻的第一气体和抑制蚀刻的第二气体。作为第一气体，使用  $\text{SF}_6$ 、 $\text{CF}_4$  等，由于这些气体不仅促进硅基板 14 向深度方向而且向横向方向的蚀刻，所以，通过在其中混合  $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$  等的抑制蚀刻的第二气体，在被蚀刻的侧面上生成由氟化碳聚合物构成的保护膜 5，能够只在抗蚀剂掩模 13 的下方进行蚀刻。作为其结果，如图 7 所示，能够只在垂直的下方进行蚀刻。此外，为了使蚀刻的进行方向的侧面与基板 14 的表面确实成为直角，通过反复地利用促进蚀刻的气体将基板 14 稍稍蚀刻，利用抑制蚀刻的气体稍稍形成保护膜 5，可以形成与基板 14 的表面成直角的侧面。具体地说，流过  $\text{SF}_6$ 130sccm，发生 7 秒钟等离子体，将基板 14 蚀刻后，形成约  $0.01\mu\text{m}$  的保护膜 5，将这种循环反复 180 次，其结果是，可以形成深度约为  $200\mu\text{m}$  的侧面，可以形成音叉状的结构体 1。

氟化碳聚合物与硅相比，根据蚀刻气体的种类，其被蚀刻的难易程度变化很大。从而，通过适当地选择蚀刻气体，可以只蚀刻硅。

此外，在蚀刻过程中，利用抑制蚀刻的气体，不仅在音叉状的结构体 1 的臂部 9A、9B 的侧面，而且在底面上也形成保护膜 5。但是，由于形

成在底面上的保护膜，与形成在侧面上的保护面 5 相比，容易被促进蚀刻的气体除去，所以，蚀刻只在垂直下方进行。然后，利用蚀刻一直贯通硅基板 14 的底面，切出音叉状结构体 1，结束蚀刻。这时，优选地，利用抑制蚀刻的气体使之发生等离子体并结束。借此，在侧面上可靠地形成氟化碳聚合物保护膜 5。

然后，如图 8 所示，除去抗蚀剂掩模 13。抗蚀剂掩模 13 上的保护膜 5，与掩模 13 的除去同时被除去，不除去形成在硅基板的结构体 1 的侧面上的保护膜 5。

其次，如图 9 所示，将音叉状的结构体 1 安装到包装 8 等的安装构件上，利用导线 10 将与设置在包装 8 的外侧的外部电极 11 连接的电极和形成在结构体 1 的基部 7 处的电极垫 6 连接起来。安装体并不局限于包装 8，例如，也可以是基板等的板状等其它形状。

如图 10 所示，安装好的音叉状的结构体 1 的臂部 9A、9B，漂浮在包装 8 中。如图 11 所示，将安装到包装 8 中的结构体 1 装入到蚀刻装置 15 中，利用外部的计量器 16 测定由克里奥利力引起的扭曲方向的共振频率。然后，如图 12 所示，当利用气体导入口 17 导入氟化氙 ( $\text{XeF}_2$ ) 蚀刻气体时，只有音叉状的结构体 1 的硅露出的底面被蚀刻。当底面的硅被蚀刻时，检测方向 52 的共振频率慢慢降低。为了使作为该共振频率与驱动频率之差的失调频率成为规定值，一直测量该共振频率，将其反馈到蚀刻，当变成规定的共振频率时，停止氟化氙的导入。

此外，由于音叉状结构体 1 的侧面被氟化碳聚合物保护膜 5 保护，所以，不被蚀刻，被驱动振动的驱动方向的共振频率不发生变化。结构体 1 的上面由于被下部电极 2、压电体 3、上部电极 4 覆盖，所以不被蚀刻。

#### (实施形式 2)

图 14 是根据本发明的实施形式 2 的角速度传感器的结构体的剖面图。在根据实施形式 2 的角速度传感器中，与实施形式 1 不同，在利用氟化氙进行蚀刻之前，不仅在结构体的侧面，而且如图 14 所示，在底面上也形成氟化碳聚合物的保护膜。这样，只由氟化氙蚀刻结构体的侧面的硅。作为其结果，只有驱动方向的共振频率随着蚀刻减少。借此，可以调整驱动方向和检测方向的失调频率。

### (实施形式3)

图 15 是根据本发明的实施形式 3 的角速度传感器的剖面图。在根据实施形式 3 的角速度传感器中，与实施形式 1 及 2 不同，在利用氟化氙进行蚀刻之前，氟化碳聚合物的保护膜不仅形成在结构体的侧面上，或者底面上，而且形成在侧面与底面两者的一部分上，如图 15 所示，露出结构体的一部分的拐角部。在图 15 中，在结构体的截面是平行四边形的情况下，露出锐角部分的拐角部。

借此，利用氟化氙只蚀刻该拐角部。在结构体的截面成为平行四边形的情况下，驱动方向和检测方向的振动容易结合，但用上述方法，可以修正这种结合。

如上面三种实施形式所述，在本发明的共振器件的制造方法中，通过边一直测定检测方向的共振频率边蚀刻结构体，能够以规定的高精度调整共振频率。进而，由于在利用氟化氙气体进行的蚀刻中，没有必要使之发生等离子体，所以，没有等离子体引起的影响，可以高精度地测定共振频率。

### 工业上的可利用性

在本发明的共振器件的制造方法中，由于一面测定共振频率一面沿厚度方向高精度地蚀刻器件，所以，可以将共振器件的失调频率调整成规定的值。

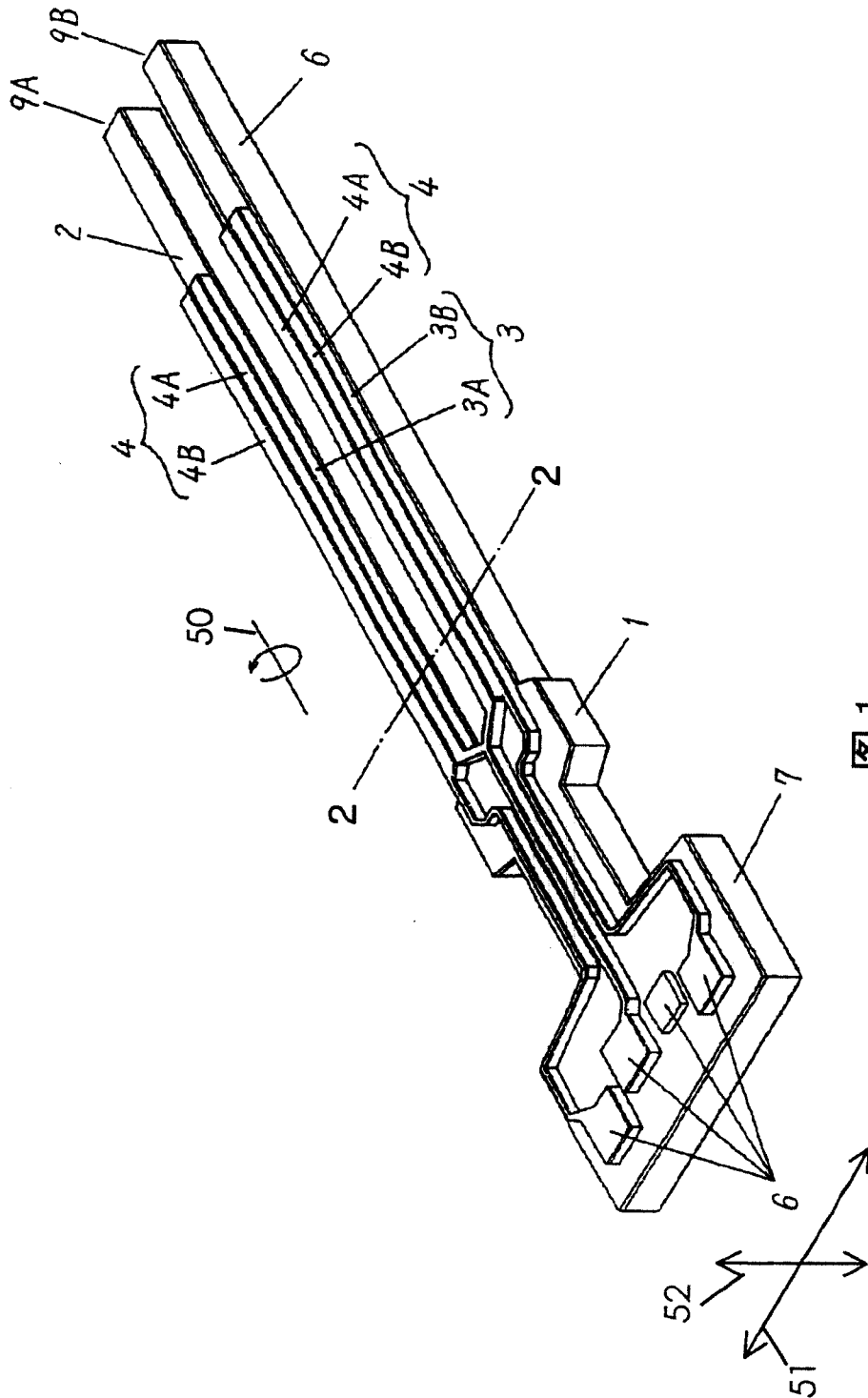


图1

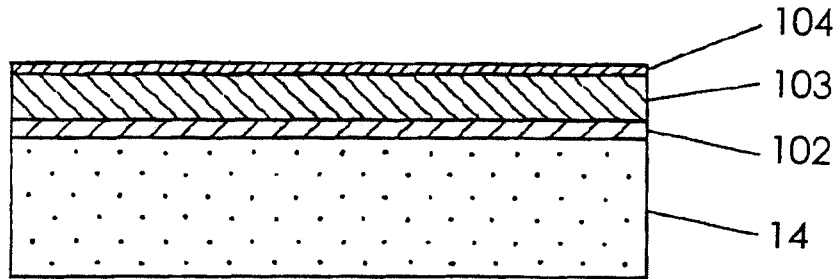


图 2

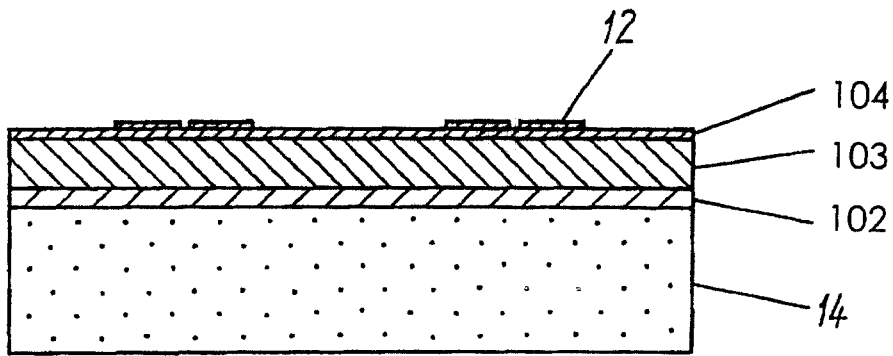


图 3

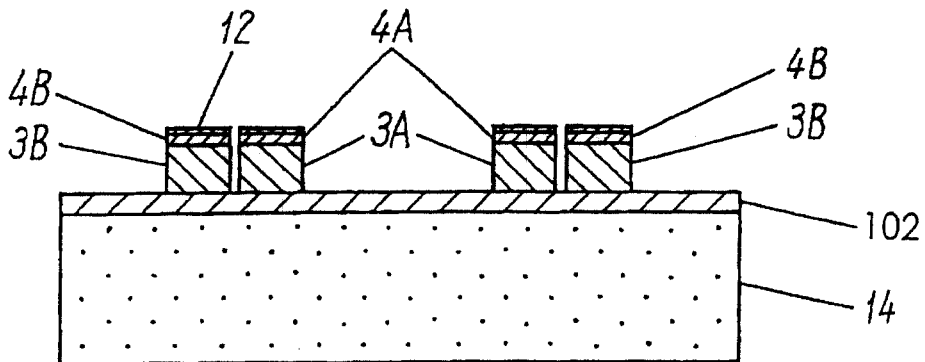


图 4

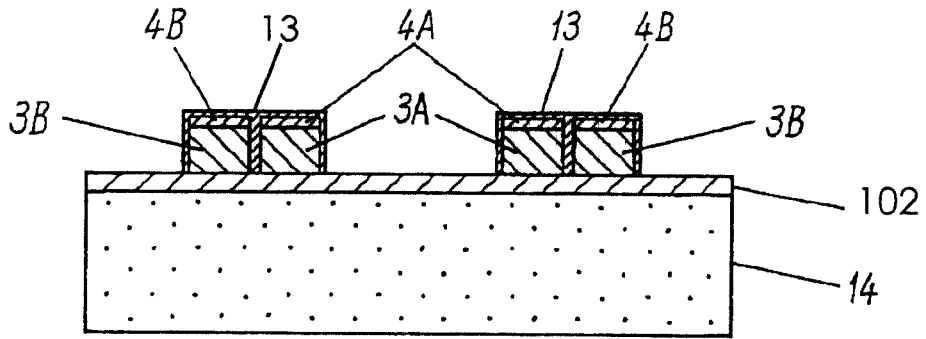


图 5

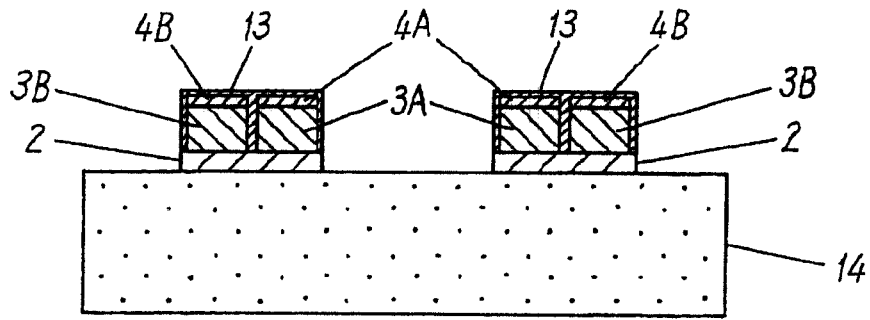


图 6

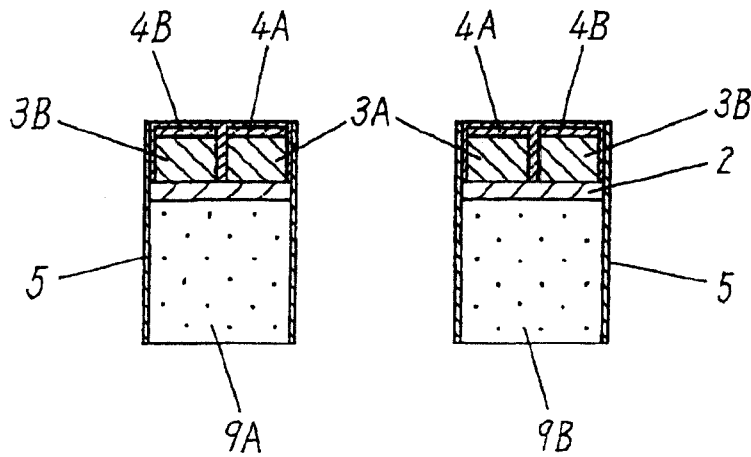


图 7

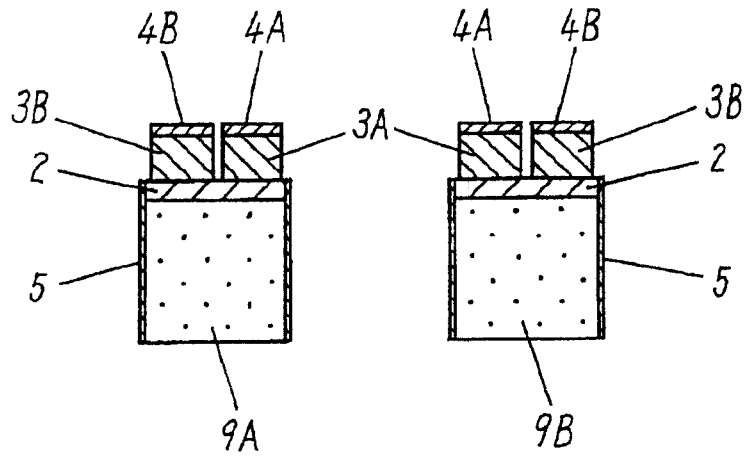


图 8

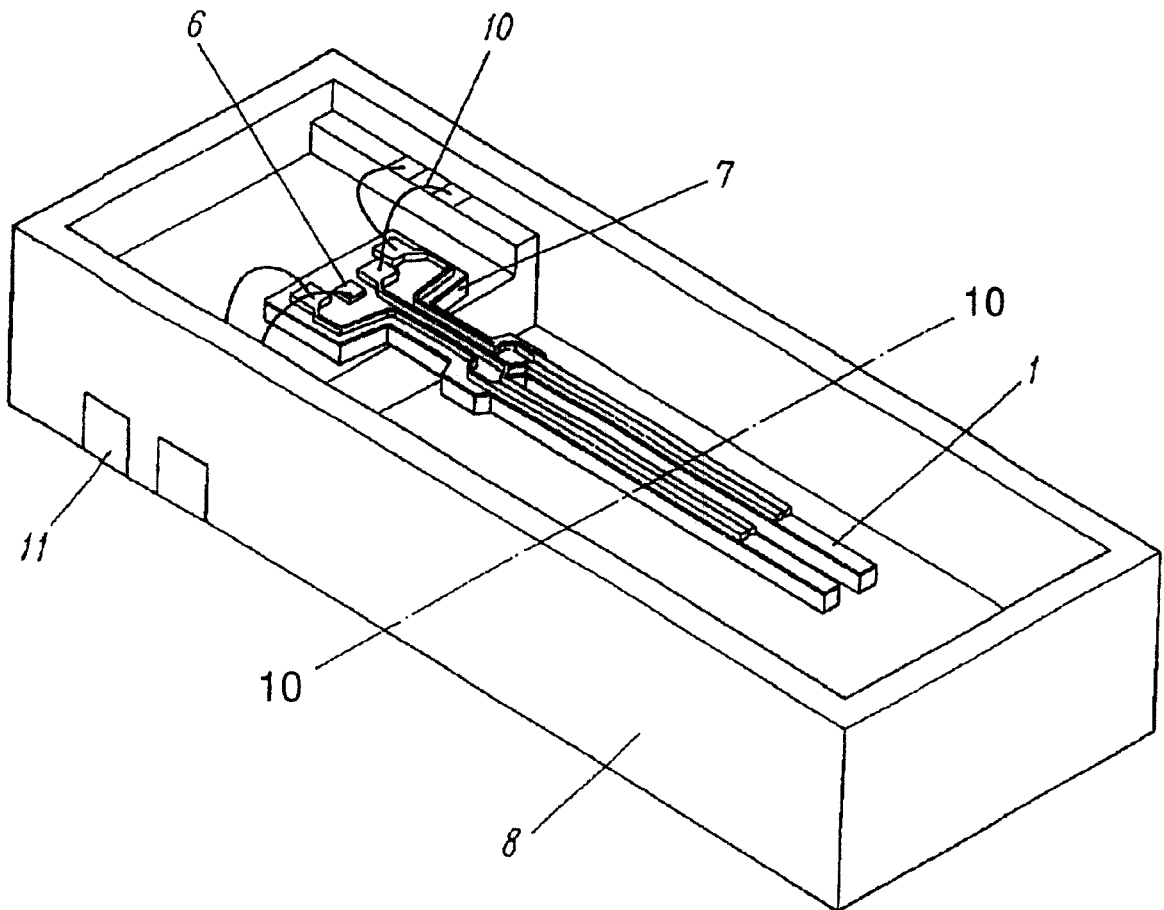


图 9

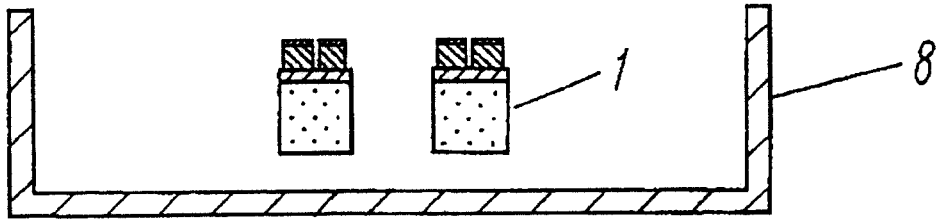


图 10

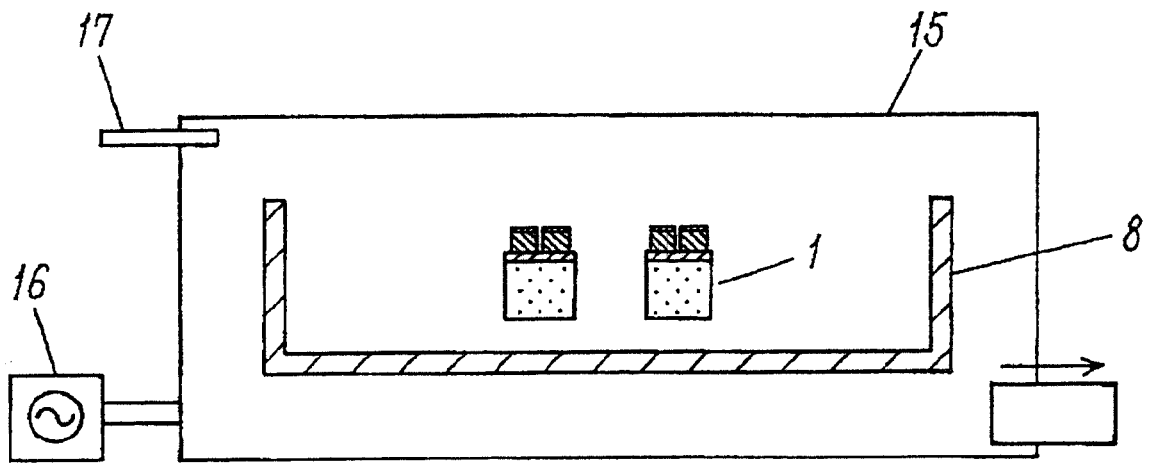


图 11

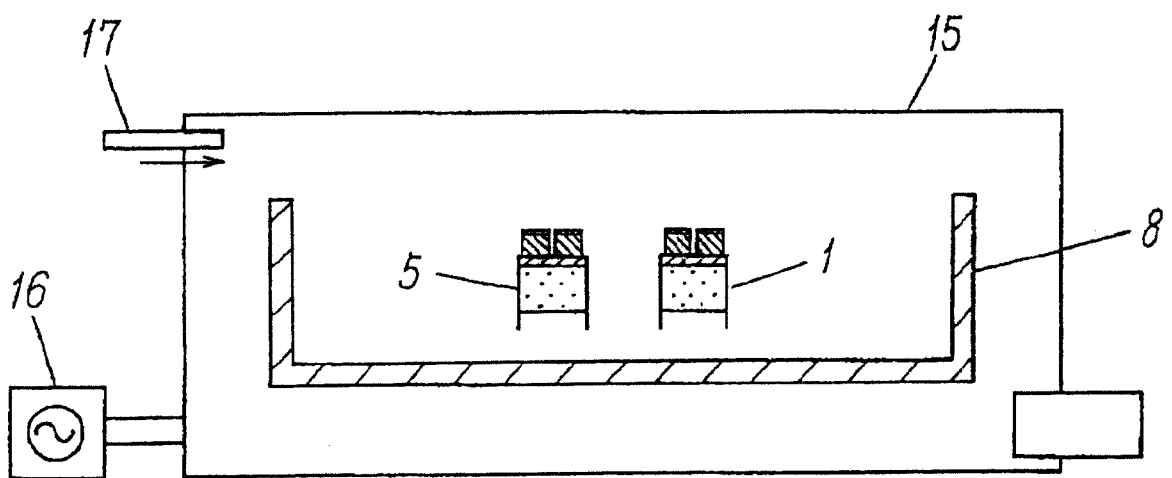


图 12



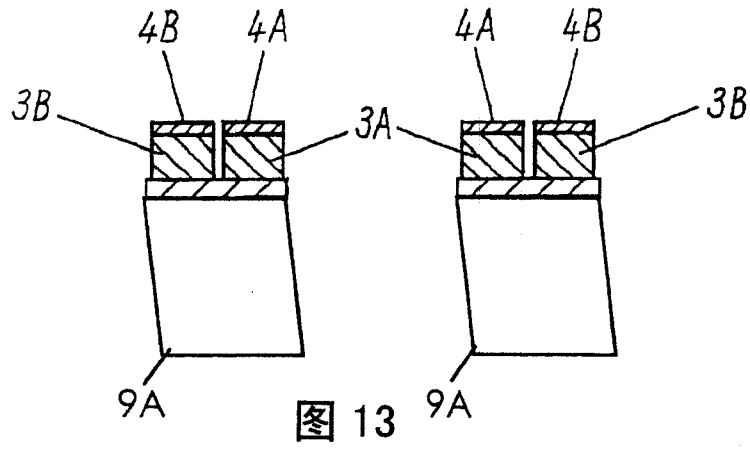


图 13

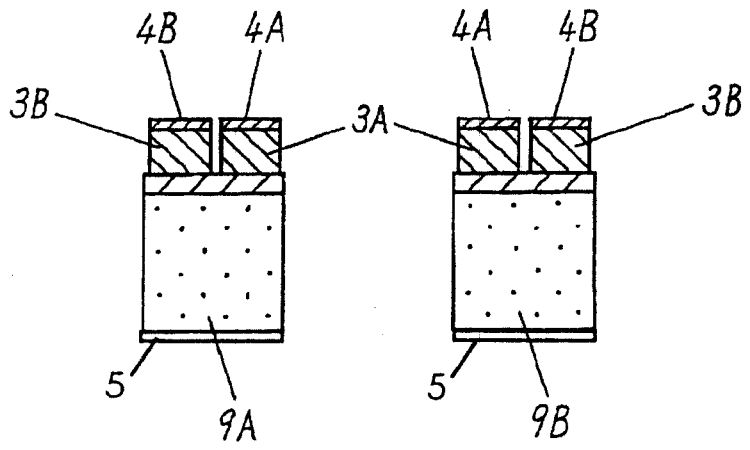


图 14

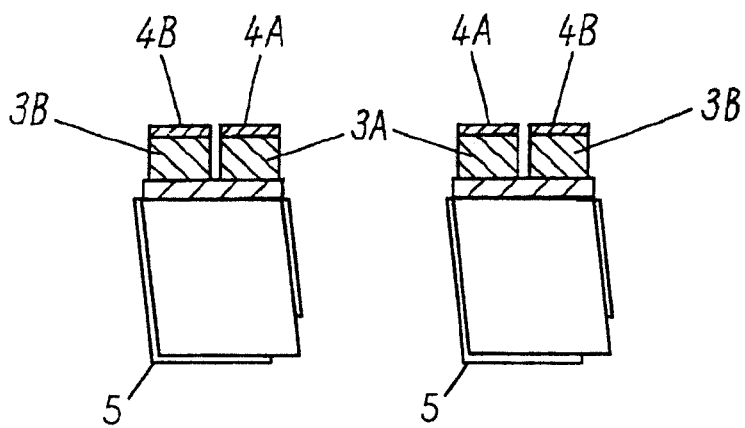


图 15