

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G11B 5/127

G11B 5/31

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00135320.9

[43] 公开日 2001年8月15日

[11] 公开号 CN 1308313A

[22] 申请日 2000.9.22 [21] 申请号 00135320.9

[30] 优先权

[32] 1999.9.24 [33] JP [31] 271365/1999

[71] 申请人 株式会社东芝

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 与田博明 馆山公一

大日向祐介

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

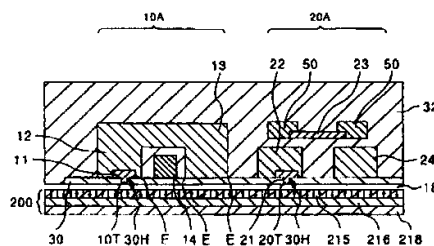
代理人 王以平

权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图页数 13 页

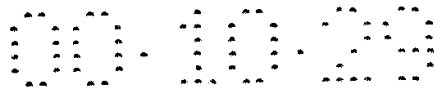
[54] 发明名称 磁头和其制造方法以及垂直磁记录装置

[57] 摘要

本发明的目的是通过以微小量正确且再现性良好地控制主磁极、辅助磁极、线圈、回程偏转线圈距媒体对向面的凹槽量,提供一种使产生的磁场稳定而且倍增的磁头及其制造方法和磁记录装置。在与媒体对向面平行设置的薄膜上,使薄膜状磁单元叠层,构成磁头。在薄膜上设置开口,主磁极的一部分具有在该开口延出的尖端部。这样,可以高精度地控制薄膜状磁单元距媒体对向面的凹槽量,同时,主磁极尖端部的突出量也可由薄膜的膜厚极微小且精密地控制。其结果将使在主磁极尖端部的记录磁场强度增大到最终值,从而提供一种可在高密度对应的高保持力的媒体上进行记录的磁头。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种磁头，记录垂直磁记录媒体中磁化信息，其特征是：

5 具备：有与上述垂直磁记录媒体对向的主面和相对于该主面的内侧的
里面并从上述主面到上述里面设置了开口的薄膜、
有在上述开口内延伸出的磁极顶端的主磁极。

2. 权利要求 1 记载的磁头，其特征是：上述主磁极具有距上述薄膜的
上述里面上的上述磁极顶端的尖端，仅按上述薄膜的膜厚规定的量设置凹
槽的磁轭。

10 3. 权利要求 2 记载的磁头，其特征是上述磁极顶端具有与上述薄膜的
上述里面为同一水平面的尖端面。

4. 权利要求 3 记载的磁头，其特征是：

还具有：

15 在上述薄膜的上述里面侧设置并与上述主磁极进行磁耦合的回程偏
转线圈；

在上述薄膜的上述里面侧设置并与由上述主磁极和上述回程偏转线
圈形成的磁路交叉的记录线圈，

上述回程偏转线圈和上述记录线圈至少其中之一与上述薄膜的上述
里面接触。

20 5. 权利要求 3 记载的磁头，其特征是：

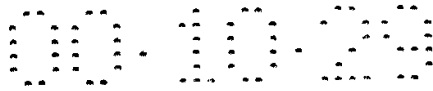
还具有：

在上述薄膜的上述里面侧设置并与上述磁极顶端进行磁耦合的回程
偏转线圈；

25 在上述薄膜的上述里面侧设置并与由上述主磁极和上述回程偏转线
圈形成的磁路交叉的记录线圈，

上述回程偏转线圈和上述记录线圈至少其中之一，仅按上述薄膜的膜
厚规定的量距上述磁极顶端的尖端设置凹槽。

30 6. 权利要求 5 记载的磁头，其特征是：上述主磁极、上述回程偏转
线圈、上述记录线圈由具有与上述薄膜的上述主面平行的主面的薄膜分别
形成。



7. 权利要求 3 记载的磁头, 其特征是: 还具有覆盖在上述薄膜的上述主面侧叠层的上述磁极顶端的尖端的润滑膜。

8. 一种磁头, 记录垂直磁记录媒体中磁化信息, 其特征是:

5 具备: 与在上述垂直磁记录媒体对向的主面和相对于该主面的内侧的里面, 并从上述主面到上述里面设置了开口的薄膜、

有在上述开口内延伸出的磁轭顶端的第 1 磁偏转线圈。

9. 权利要求 8 记载的磁头, 其特征是: 上述第 1 磁偏转线圈具有距在上述薄膜的上述里面上的上述磁轭顶端的尖端仅按上述薄膜的膜厚规定的量设置凹槽的磁轭。

10 10. 权利要求 9 记载的磁头, 其特征是: 上述磁轭顶端具有与上述薄膜的上述里面为同一水平面的尖端面。

11. 权利要求 10 记载的磁头, 其特征是:

还具有:

15 在上述薄膜的上述里面侧设置并与上述第 1 磁偏转线圈进行磁耦合的第 2 磁偏转线圈;

在上述薄膜的上述里面侧设置并与上述第 1 和第 2 磁偏转线圈进行磁耦合的磁检测元件,

上述第 2 磁偏转线圈和上述磁检测元件至少其中之一与上述薄膜的上述里面接触。

20 12. 权利要求 10 记载的磁头, 其特征是:

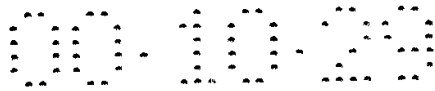
还具有:

在上述薄膜的上述里面侧设置并与上述第 1 磁偏转线圈进行磁耦合的第 2 磁偏转线圈;

25 在上述薄膜的上述里面侧设置并与上述第 1 和第 2 磁偏转线圈进行磁耦合的磁检测元件,

上述第 2 磁偏转线圈和上述磁检测元件至少其中之一距上述磁轭顶端的尖端仅按上述薄膜的膜厚规定的量设置凹槽。

30 13. 权利要求 1 和 2 记载的磁头, 其特征是: 上述第 1 和第 2 磁偏转线圈与上述磁检测元件由具有与上述薄膜的上述主面平行的主面的薄膜分别形成。



14. 权利要求 10 记载的磁头，其特征是：具有覆盖在上述薄膜的上述主面侧叠层的上述磁轭顶端的尖端的润滑膜。

15. 一种垂直磁记录装置，其特征是：具有权利要求 1 记载的磁头，在垂直磁记录媒体上记录磁信息。

5 16. 一种垂直磁记录装置，其特征是：具有权利要求 8 记载的磁头，对在垂直磁记录媒体上记录的信息进行重放。

17. 一种磁头的制造方法，在垂直磁记录媒体上记录磁化信息或者对已记录的磁化信息进行重放，其特征是具有：

在基板上形成剥离层的工序；

10 在上述剥离层上形成薄膜的工序；

在上述薄膜上形成开口的工序；

在上述薄膜上形成磁性层，以充填上述开口的工序；

在上述薄膜上形成应与上述磁性层进行磁耦合的薄膜磁单元的工序；

15 通过对上述剥离层进行蚀刻，分离上述基板，形成与上述薄膜的主面平行的媒体对向面的工序。

18. 权利要求 17 记载的磁头制造方法，其特征是：

上述磁性层是在垂直磁记录媒体上记录磁化信息的主磁极；

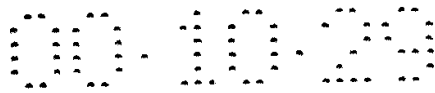
上述薄膜磁单元包含回程偏转线圈和记录线圈。

20 19. 权利要求 17 记载的磁头制造方法，其特征是：

上述磁性层是对垂直磁记录媒体上记录的磁化信息进行重放的第 1 磁偏转线圈；

上述薄膜磁单元包含第 2 磁偏转线圈和磁检测元件。

25 20. 权利要求 17 记载的磁头制造方法，其特征是：在形成上述媒体对向面的工序以后，还有在上述媒体对向面上叠层润滑层的工序。



说明书

磁头和其制造方法以及垂直磁记录装置

5 本发明涉及磁头和其制造方法以及垂直磁记录装置。更详细地说，本发明涉及主要在硬盘驱动器（Hard Disk Drive）等中使用的垂直磁记录媒体的平面型主磁极类型的记录或重放用磁头和其制造方法以及垂直磁记录装置。

10 硬盘驱动等的磁记录重放装置，已迅速进入高密度化阶段，面记录密度的限值为 40~100Gbps (千兆位 (英寸)²)。使用已有的面内记录方式 (纵向记录方式) 达到了该记录密度，但由于热的影响，已经磁记录的数据将会消失，也就是说热干扰问题明显存在的可能性很高。在这一点上，垂直记录方式是有利的。

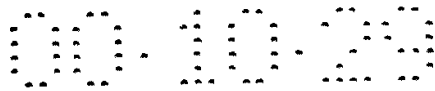
15 对于媒体的热干扰的耐性，与单位体积平均的磁化能量 Ku 和颗粒的体积 V 的积成比例。在面内记录方式中，为了提高线记录密度，必须使媒体的膜厚度薄，以使磁化媒体的反磁场下降。这样，体积 V 就小了，热干扰耐性下降。为避免这种情况，就要提高 Ku ，但抗磁力变大，给记录造成了困难。

20 另一方面，由于垂直记录方式其磁化方向是媒体的膜厚方向，因此不必使媒体的膜厚变薄，即使是比较小的 Ku ，热干扰耐性也是良好的，容易达到更高密度化。

25 然而，在垂直记录方式情况下，为了进一步提高面密度，仍然必须提高 Ku 。本发明人独创的研究结果已经清楚地知道，在制造复现性良好的可稳定得到大的磁场的记录磁头方面，已有的记录头存在构造上的问题。以下详细说明这个问题。

图 12 是表示已有的垂直记录重放用磁头的断面构造的概念图。该图表示记录用磁头 100A 和重放用磁头 100B 在媒体 200 上配置的状态。

30 记录用磁头 100A 由主磁极 111、辅助磁极 112、回程偏转线圈 113、以及由在记录媒体 200 上设置的袂里软磁性膜 216 形成环状磁路，并设置了与该磁路交叉的记录线圈 114A。



重放用磁头 100B 由主磁极 111、辅助磁极 112、回程偏转线圈 113、以及由在记录媒体 200 上设置的袂里软磁性膜 216 形成环状磁路,并设置了与该磁路交叉的重放线圈 114B。

记录磁头 100A 的回程偏转线圈 113 由在基板 S 上叠层的软磁性膜构成。重放磁头 100B 的回程偏转线圈 113 由软磁性材料组成的基板 S 构成。

在与媒体 200 对向的媒体对向面 118 上设置了由 DLC (diamond-like-carbon) 等构成的润滑膜 117。

在记录磁头 100A 中,记录线圈 114A 接通电流,通过比较厚的辅助磁极 112 产生很多磁通量,将其集中于主磁极 111,在媒体 200 上泄漏很大的磁场,对垂直记录层 215 进行磁化记录。在图 12 表示的媒体 200 上设有偏磁层 218。

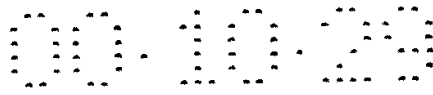
在重放磁头 100B 中,通过检测在与环状磁路交叉设置的重放线圈 114B 中产生的感应电流进行重放。

在记录磁头 100A 中,为了供给主磁极 111 足够多的磁通量,辅助磁极 112 必须比主磁极 111 厚。若从媒体 200 到辅助磁极 112 的距离与从媒体 200 到主磁极 111 的距离相当,则难于将磁通量集中于主磁极 111,以致不能得到大的泄漏磁场。为此,辅助磁极 112 必须配置在距媒体 200 的对向面形成一个很小(图中符号 L 表示)的凹槽(后退)的状态。

另一方面,回程偏转线圈 113 的配置也必须距媒体对向面形成一个凹槽,以便磁场集中于其角部附近,不对媒体进行记录。

针对这种情况,为了集中磁场,主磁极 111 的突出部较细,磁阻较高。因此,为了使主磁极 111 上流过大量磁力并从其尖端泄漏大的磁场,应使主磁极 111 的突出部尽可能短,以便减小磁阻。并也就是说,辅助磁极 112 和回程偏转线圈 113 虽然开了凹槽,还应尽可能接近媒体 200。当然,记录线圈 114A 也应接近垂直记录层 215,以便在主磁极 111 的尖端部产生更大的磁场。

归纳以上内容,为了提高对媒体的记录磁性强度,必须使辅助磁极 112、回程偏转线圈 113、记录线圈 114A 都相对于主磁极 111 开一个很小的凹槽,而且尽可能接近媒体 200。对于重放磁头 100B 来说,也要做同样的事情。



然而，图 12 所示的已有垂直磁头 100A、100B 在其构造上，稳定制造充分满足这些要求的磁头是困难的。

首先，对记录用磁头 100A 的制造工序简单说明如下。

5 在基板 S 上按顺序对回程偏转线圈 113、记录线圈 114A、主磁极 111、辅助磁极 112 制作叠层图形。然后，在与叠层膜面垂直的方向切断，对该切断面进行研磨加工，形成媒体对向面 118。最后，对 DLC 润滑膜 117 进行成膜加工，完成记录磁头 100A。

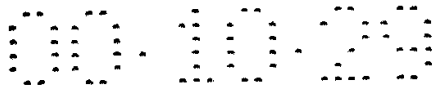
然而，由于形成媒体对向面 118 时的研磨工序的误差是 $\pm 0.15 \mu\text{m}$ ，因此即使对要求更高精度控制的辅助磁极 112 的媒体 200 的对向面侧的边缘位置进行准确加工，以便距媒体对向面开一个平均 $0.15 \mu\text{m}$ 的凹槽，最坏的情况也要开 $0.3 \mu\text{m}$ 的凹槽。这样，从主磁极 111 产生的磁场强度，与仅开一个 $0.15 \mu\text{m}$ 的凹槽的情况相比较，下降了大约 70%。

10 由于回程偏转线圈 113、线圈 114A 和 114B、主磁极 111、辅助磁极 112 都用光刻法加工，它们的边缘位置都因图形制作误差 ($\pm 0.1 \mu\text{m}$) 和调整误差 ($\pm 0.2 \mu\text{m}$) 而变动 $\pm 0.3 \mu\text{m}$ 。在研磨仅多削减 $0.15 \mu\text{m}$ 的偏移情况下，回程偏转线圈 113 为了不露出媒体对向面 118，设想最坏的情况，必须使回程偏转线圈 113 的边缘位置开一个距媒体对向面 118 的 $0.9 \mu\text{m}$ 的凹槽。这时，记录磁场强度进一步衰减到约 90%。同样，当记录线圈 114A 在离开媒体 200 的方向形成偏移时，则产生的磁场强度将再衰减到 80%。

若设想所有的误差都向最坏的方向偏差时，则为 $0.7 \times 0.9 \times 0.8 = 0.5$ ，记录磁场强度将减半。当记录磁场强度降低时，将因热很容易使数据消失，从原理上看存在热干扰强时，垂直磁记录方式的优点实际上完全不能有效利用。

25 本发明根据上述认识形成了有关的课题。也就是说，本发明的目的是提供一种通过分别以 $0.05 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 的极少量对距主磁极、辅助磁极、线圈、回程偏转线圈的媒体对向面的凹槽量进行正确且再现性良好的控制，能使产生的磁场稳定并增加一倍的磁头及其制造方法以及磁记录装置。

30 本发明中，在与媒体对向面平行设置的薄膜上，将薄膜状的磁单元进行叠层，构成磁头。在薄膜上设置开口，主磁极的一部分具有在该开口延



出的尖端部。这里，磁单元是构成磁头的主要磁单元，对于记录用磁头来说，是指主磁极、薄膜回程偏转线圈、记录线圈等，对于重放用磁头来说，是指主磁极、薄膜磁偏转线圈和 GMR 等的检测元件。

5 本发明中，可以高精度控制薄膜状磁单元即辅助磁极部、薄膜回程偏转线圈、薄膜线圈等的距媒体对向面的凹槽量，同时，主磁极尖端部的突出量也可通过薄膜的膜厚进行极微小且精密的控制。其结果是可将主磁极尖端部的记录磁场强度增大到最终值，从而能提供一种在高密度对应的高保磁力的媒体上可以记录的磁头。

10 本发明中的磁头是在垂直磁记录媒体上记录磁化信息的磁头，其特征是具备了有与上述垂直磁记录媒体对向的主面和相对于该主面的内侧的里面，并从上述主面到上述里面设置开口的薄膜、以及有在上述开口内延出的磁极顶端 (pole tip) 的主磁极。

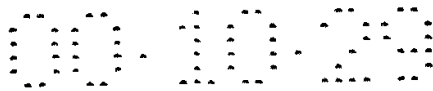
15 本发明的磁头还是对在垂直磁记录媒体上记录的磁化信息进行重放的磁头，其特征是具备了有与上述垂直磁记录媒体对向的主面和相对于该主面的内侧的里面并从上述主面到上述里面设置开口的薄膜、以及有在上述开口内延出的磁极顶端 (yoke tip) 的第 1 磁偏转线圈。

20 另外，本发明的磁头是在垂直磁记录媒体上记录磁化信息或者对记录的磁化信息进行重放的磁头，其特征是具备了有与上述垂直磁记录媒体对向的主面和相对于该主面的内侧的里面，并从上述主面到上述里面设置开口的薄膜、具有在上述开口内延出的尖端部的主磁极、作为与上述主磁极进行磁性结合的薄膜磁单元的有一面与上述里面接触的端部的薄膜磁单元。

25 也就是说，在薄膜的开口突出主磁极或磁偏转线圈的顶端 (tip)，在薄膜上形成构成磁头的薄膜磁单元。这里，“端部”是指磁偏转线圈和辅助磁极等的媒体对向面侧的部分。

本发明按以上说明的方式实施，具有下面详述的效果。

30 首先，在本发明中，使构成薄膜磁头的薄膜的膜面与媒体面为平行的位置关系，按照在各个媒体对向面侧叠层的薄膜的膜厚，可规定辅助磁极的凹槽量、薄膜回程偏转线圈的凹槽量、线圈的凹槽量。可按 $0.01\mu\text{m}$ 正确规定薄膜的膜厚，则能形成极高效率的磁路，在记录系统中，可高效



率地将在薄膜记录线圈中产生的磁通量会聚到主磁极尖端部，可在主磁极尖端部的媒体侧端部将记录磁场增大到最终值，从而提供一个可以在高密度对应的高保持力的媒体上记录的磁头。

5 在重放系统中，可高效率地将媒体的磁通量导入 GMR / TMR 叠层元件，得到很大的输出。

当然，上述凹槽量可由 DLC 膜以外的绝缘膜等予以控制。进一步地，比较厚的 DLC 膜配置在不远离主磁极尖端部和媒体之间的距离的主磁极尖端部的周围，即使在接触移动时产生一些磨损，也不会失掉上述 DLC 膜，耐接触移动可靠性也将大幅度提高。

10 在本发明中，可以与磁头同时形成具有复杂图形的滑触头。其结果是可以大幅度降低制造成本。

在本发明中，可以低成本制造比较以前已大幅度微细化的主磁极尖端部。也就是说，已往根据 FIB (Focused Ion Beam Etching) 和 EB (Electron-beam) 的直接刻画适合在微细加工中，但其生产率很差，因此至今未在如滑触头那样的装置的大量生产中使用。而在本发明中，由于根据在 DLC 膜上形成的开口规定主磁极尖端部，因此可仅对形成开口的图形进行曝光或加工。由于该开口是元件面积的 1 / 10000 以下的微小面积，因此可使用 FIB (Focused Ion Beam Etching) 和 EB (Electron-beam) 直接刻画，即可形成至今未能得到的微细磁极。其结果是与以往相比缩小了记录位容量，大幅度提高了记录密度。

如上所详述，本发明中，能以较高的再现性实现既可抑制热干扰又具有较高记录·重放效率的垂直记录重放磁头，在产业上的价值是很大的。

图 1A 是表示本发明的垂直磁头的断面构造的概念图。

图 1B 是从媒体对向面侧远看图 1A 的磁头的平面图。

25 图 1C 是表示固定在调节器支架尖端的磁头被装载配置在磁盘的所定磁道 T 上进行记录重放的概念图。

图 2A ~ 2E 是概念地表示本发明的磁头制造方法的工序断面图。

图 3A ~ 3E 是概念地表示本发明的磁头制造方法的工序断面图。

图 4 是表示主磁极尖端部嵌入状态的重要部分的扩大断面图。

30 图 5A、图 5B 是概念地表示本发明第 1 变形例的断面图。



图 6A 是概念地表示本发明第 2 变形例的断面图。

图 6B 是概念地表示本发明第 3 变形例的断面图。

图 6C 是概念地表示本发明第 4 变形例的断面图。

图 7 是例示磁记录重放装置的概略构成的要部斜视图。

5 图 8 是从磁盘侧远看调节器支架 155 端部的磁头部件的扩大斜视图。

图 9A 是表示浮上量为所定正值时的磁头滑触头 153 和磁盘 200 的关系的概念图。

10 图 9B 是表示「接触移动型」的磁头滑触头 153 和磁盘 200 的关系的概念图。

图 10 是从媒体对向面看滑触头 153 的概念斜视图。

图 11 是例示形成反转图形的基板 41 的表面的斜视图。

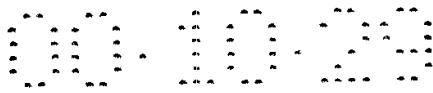
图 12 是表示已有的垂直记录重放用磁头的断面构造的概念图。

以下参照附图详细说明本发明的实施例。

15 图 1A 是表示本发明的垂直磁头的断面构造的概念图。该图表示本发明的记录用磁头 10A 和重放用磁头 20A 在媒体 200 上配置的状态。图中，左右方向是记录磁道的纵方向，与纸面垂直的方向对应于记录磁道的横向方向。将偏磁层 218 和袂里软磁性膜 216 和垂直记录层 215 进行叠层，作为媒体 200。各层的材料，例如：偏磁层 218 使用 PtMn，袂里软磁性膜 216 使用 NiFe，垂直记录层使用 CoCrPt。

20 本发明的记录用磁头 10A 具有在薄膜 30 上叠层的薄膜磁单元 11~14。具体地说，由主磁极尖端部 11、辅助磁极部 12、薄膜回程偏转线圈部 13 以及在媒体 200 上设置的袂里软磁性膜 216 形成环状磁路，设置与该磁路交叉的薄膜记录线圈 14。各单元部的间隙，例如由氧化铝等构成的绝缘层 32 予以绝缘支持。

25 薄膜 30 具有作为与垂直磁记录媒体 200 相对的主面的媒体对向面 18，以及其内侧的里面。具体地说，薄膜 30 由与媒体对向面 18 平行设置的 DLC (Diamond-Like-Carbon) 润滑膜等构成。构成磁头的各薄膜磁单元 11~14 的膜面也与媒体 200 平行配置。构成磁头的各薄膜磁单元 11~14 在 DLC 润滑膜 30 的里面 (媒体对向面 18 的内侧面) 被位置匹配地设



置。在 DLC 润滑膜 30 上设置开口 30H，主磁极尖端部 11 的磁极顶端 10T 充填该开口 30H，其尖端面延出到与润滑膜 30 的下面为同一水平面。也就是说，主磁极尖端部 11 具有在开口 30H 内延出的磁极顶端 10T 和在薄膜 30 的里面上形成的磁轭 (body)。磁极顶端 10T 的突出量可由 DLC 润
5 滑膜 30 的膜厚 (例如可以为 $0.1\mu\text{m}$) 正确控制。总之，主磁极 12 以磁极顶端 10T 的尖端为准，仅以由薄膜 30 的膜厚规定的量设置凹槽。

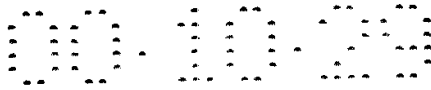
另外，辅助磁极部 12、薄膜回程偏转线圈部 13 和薄膜记录线圈 14 都位置匹配地设置在 DLC (Diamond-Like-Carbon) 润滑膜 30 的里面。也就是，各薄膜磁单元具有在润滑膜 30 的里面接触的端部。其结果是这
10 些各单元部的相对于媒体 200 的凹槽量，也可以由 DLC 润滑膜 30 的膜厚正确控制。

本发明中，对于作为构成磁头 10A 的各单元的薄膜进行的配置，应使其膜面对媒体 200 平行，可以按照在各个媒体对向面侧叠层的 DLC 润滑膜 30 等的薄膜的膜厚，正确而且容易地规定辅助磁极 12 的媒体对向面侧边
15 缘 E、薄膜回程偏转线圈 13 的媒体对向面侧边缘 E、线圈 14 的媒体对向面侧边缘 E 的位置的凹槽量。薄膜 30 的膜厚可按 $0.01\mu\text{m}$ 的规定正确控制，因此可以很正确地控制辅助磁极 12、薄膜回程偏转线圈 13、线圈 14 的微小的凹槽量，进而可将记录磁场强度增大到最终值。

另外，希望辅助磁极 12 和薄膜回程偏转线圈 13 的媒体对向面侧的边缘 E 是圆的。其理由是：在不圆的情况下，磁通量集中在边缘 E 的部分，增加了从边缘 E 泄漏到媒体侧的磁通量成分，将在媒体上记录不需要的信号。
20

图 1B 是从媒体对向面侧远看图 1A 的磁头的平面图。如该图所示，要求记录磁头的磁极顶端 10T 沿媒体移动方向 A 的长度 W1 小于磁通方向的
25 长度 W2。其理由由以下予以说明。

固定在调节器支架 155 前端的磁头 10，通过旋转调节器 158，装载于图 1C 所示的磁盘 200 上，并配置在所定的磁道 T 上，进行记录重放。磁盘 200 按箭头 A 的方向旋转。磁信息限定在可能的范围，最好是沿磁道 T 的圆周方向记录。然而，在通过旋转调节器 158 移动磁头 10 时，在从
30 磁盘 200 的内周部到外周部的某些地方，磁头的磁极顶端 10T 将从平行



于圆周方向有一定的偏差。如图 1C 所示，在磁盘 200 的外周部，磁极顶端 10T 进行调整以使其与磁道的圆周平行时，磁头越在内周侧的移动，磁极顶端 10T 的方向越从磁道的圆周方向偏移。这样，记录头 Br 也向磁道方向（媒体旋转方向）倾斜。

5 在垂直记录时，用磁极顶端 10T 的拖尾侧边缘（媒体旋转方向的下流侧）在媒体上记录信息，但磁极顶端 10T 不与磁道的圆周方向平行时，在磁极顶端 10T 的侧面也在记录，形成边缘噪声。图 1C 中，该边缘噪声领域以 Te 表示。正常信号领域的有效磁道宽度 Tw 也变狭窄了。若相对于磁道方向的磁极顶端 10T 的偏差角度为 θ ，则有效磁道宽度 Tw 为乘以
10 COS θ 的值。

当使磁极顶端 10T 的尺寸 W1 变薄时，可以使边缘噪声的领域狭窄，相邻磁道接近。为了高密度化，要求主磁极的长度 W1 为宽度 W2 的 1/10。

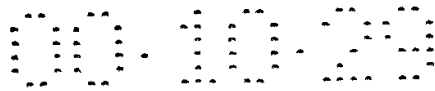
下面对本发明的重放用磁头 20A 予以说明，由偏转线圈尖端部 21、薄膜磁偏转线圈 22、检测元件 23、薄膜磁偏转线圈 24 以及袂里软磁性膜
15 216 形成环状磁路。当使用 GMR (giant magnetoresistive) 元件和 TMR (tunneling magnetoresistive) 元件等磁阻效应元件作为检测元件 23 时，可实现高灵敏度的重放磁头。在检测元件 23 两端连接一对簧片 50、50，供给读出电流。

在本发明的磁重放磁头 20A 中，偏转线圈尖端部 21 的磁轭顶端 20T
20 充填设在 DLC 润滑膜 30 的开口 30H，其尖端面延出到与润滑膜 30 的下面为同一水平面上。也就是，磁偏转线圈 22 具有在开口 30H 内延出磁轭顶端 20T 和在薄膜 30 里面上形成的磁轭。薄膜磁偏转线圈 22 的磁轭和磁偏转线圈 24 都在润滑膜 30 上面位置匹配地配置着。也就是，磁轭顶端 20T 的突出量由润滑膜 30 的膜厚正确控制，同时，薄膜磁偏转线圈 22 的
25 磁轭和磁偏转线圈 24 的凹槽量也由润滑膜 30 的膜厚正确控制。因此，如以上关于记录磁头 10A 的说明，可以正确容易地控制各单元的位置关系，制造出再现性高的高灵敏度磁头。

下面说明本发明的磁头 10A、20A 的制造方法。

图 2 和图 3 是概念地表示本发明的磁头制造方法的工序断面图。

30 首先，如图 2(a) 所示，在硅 (Si) 等组成的基板 41 上，使铜 (Cu)



等易溶解于酸和碱的材料组成的剥离层 42 成膜，再使 DLC 润滑膜 30 成膜。

然后，如图 2(b) 所示，在 DLC 膜 30 上形成开口 30H。具体地说，使用 FIB (Focused Ion Beam Etching) 和受激准分子激光器曝光或电子束 (Electron-beam) 直接描画等方法，形成未图示的掩模，再用反应性蚀刻，形成 $0.15\mu\text{m} \times 0.15\mu\text{m}$ 的开口 30H。

接着，如图 2(c) 所示，形成磁头的主磁极尖端部。具体地说，用电镀等方法分别将由 FeCo、NiFe 构成的主磁极尖端部 11、偏转线圈尖端部 21 嵌入到开口 30H 中，并形成图形。这样，即形成磁极顶端 10T 和磁轭顶端 20T。

接着，如图 2(d) 所示，通过使用电镀等方法在 DLC 膜 30 上使 NiFe 等堆积成图形，形成辅助磁极 12、薄膜回程偏转线圈 13、薄膜磁偏转线圈 22、24。再用电镀等方法，使 Cu 等堆积成图形，形成薄膜记录线圈 14。

然后，如图 2(e) 所示，使 AlOx (氧化铝) 等的绝缘层 32A 成膜，通过 CMP (Chemo-mechanical-polishing) 平坦化。

接着，如图 3(a) 所示，将记录磁头 10 的辅助磁极 12 和薄膜回程偏转线圈 13 进行磁性结合。具体地说，按所定的图形堆积 NiFe 等。

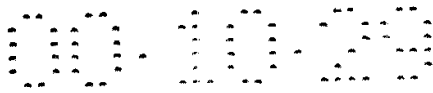
接着，如图 3(b) 所示，形成重放磁头 20A 的检测元件 23。具体地说，在堆积 AlOx 绝缘层 32B 并通过 CMP 进行平坦化以后，仅在图中右侧的重放磁头的 AlOx 绝缘层 32B 上形成由 GMR 元件或 TMR 元件等组成的检测元件 23。

然后，如图 3(c) 所示，嵌入绝缘层。具体地说，使 AlOx 等的绝缘层 32C 成膜，并通过 CMP 进行平坦化。

最后，如图 3(e) 所示，将整个基板浸入酸和碱中，溶解由 Cu 等组成的剥离层 42，使基板 41 和磁头 10A、20A 分离。

主磁极尖端部 11、辅助磁极 12、薄膜回程偏转线圈 13 等若使用通过叠层为反铁磁性体而进行磁畴控制的磁性膜，则可得到抑制了噪声的磁头。并且，若分散反铁磁性体的单向各向异性，即可成为各向同性膜，效率也将提高。

在以上说明的本发明的制造方法中，从记录磁头 10A 的辅助磁极 12、



薄膜记录线圈 14、薄膜回程偏转线圈 13 的媒体对向面开始的凹槽量都由 DLC 润滑膜 30 的膜厚 ($0.1\ \mu\text{m}$) 正确地控制。重放用磁头 20A 的薄膜磁偏转线圈 22、24、GMR / TMR 元件 23 的凹槽量也分别由在基板 41 上的叠层薄膜的厚度精密而且容易地规定。

5 图 1A 所示磁头 10A、20A 的磁极顶端 10T、磁轭顶端 20T 的尖端面与 DLC 润滑膜 30 的下面为同一水平面。然而，本发明不限于此，例如磁极顶端 10T、磁轭顶端 20T 的尖端面也可以被覆盖在润滑膜 30 以内。

图 4 是表示磁极顶端 10T 被覆盖状态的要部扩大断面图。磁极顶端 10T 的尖端面由润滑膜 30a 覆盖。这种结构保护了磁极顶端 10T 的尖端面，可以防止与媒体接触等的磨损。

10 为了嵌入磁极顶端 10T，在图 2(b) 的上述工序中，当在 DLC 润滑膜 30 上形成开口 30H 时，不是到剥离层 42 的贯通穴，而是可以开口至润滑膜 30 的中途。

15 如图 3(d) 所示，与基板 41 分离以后，可以在媒体对向面上堆积新的所定膜厚的 DLC 润滑膜 30a，用以覆盖磁极顶端 10T、磁轭顶端 20T。这时，图 4 的薄膜层 30a 由 DLC 润滑膜构成，而薄膜 30b 不一定由 DLC 润滑膜构成。也就是说，薄膜 30b 的材料可考虑与其他构件的协调性和形成工艺的容易性，予以适当选择。

下面说明本发明的变形例。

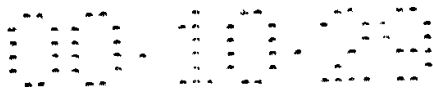
20 首先，在本发明中，通过设定决定构成磁头的各薄膜磁单元的凹槽量的 DLC 润滑膜 30 的膜厚的分布，即可改变各单元的凹槽量。

图 5 是概念地表示本发明的第 1 变形例的断面图。图中与图 1A 至图 4 的相同部分用相同符号，详细说明省略。

25 图 5(a) 所示磁头 10B 的薄膜记录线圈 14 的凹槽量设定得比辅助磁极 12 和薄膜回程偏线圈 13 更小。也就是说，薄膜记录线圈 14 被配置成更接近于媒体 200，可以在磁极顶端 10T1 的尖端产生更大的记录磁场。

同时，对 DLC 润滑膜 30 进行阶段状叠层，可对各单元部的凹槽量予以补偿 (off-set)，则能正确改变凹槽量。

30 用 5(b) 是表示使用多个润滑膜予以补偿的磁头的一个例子的要部扩大断面图。



图中的磁头 10C 设置了 4 层薄膜 30a ~ 30d。磁极顶端 10T 贯通薄膜 30b ~ 30d 而被设置。薄膜记录线圈 14 贯通薄膜 30c ~ 30d 而被设置，薄膜回程偏转线圈部 13 贯通薄膜 30d 而被设置，辅助磁极部 12 设置在薄膜 30d 上。最下层的薄膜 30a 作为覆盖全部单元的保护膜。

5 也就是说，对于磁头 10C 的各薄膜磁单元，根据薄膜 30a ~ 30d 的叠层膜厚都给与了不同的补偿，因此媒体对向面 18 的凹槽量各自都是不同的。

这样，当叠层多个薄膜时，根据各个薄膜的膜厚，正确改变磁头各单元 5 的凹槽量。

10 作为可简单形成图 5(b) 所示构造的一个方法，可以由蚀刻特性不同的材料构成多个薄膜 30a ~ 30d。例如，最下层的薄膜 30a 可由 DLC 润滑膜构成。而使在其上叠层的 3 层薄膜 30b ~ 30d 的薄膜材料也有所不同。

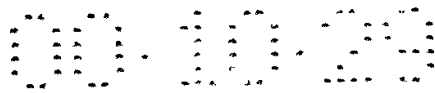
假定用图 2 至图 3 的方法制造时，首先，叠层薄膜 30b ~ 30d，设置 15 贯通该 3 层的开口，形成主磁极尖端部 11。再使用对薄膜 30b 的蚀刻速度小而对薄膜 30c、30d 的蚀刻速度大的蚀刻方法，设置贯通薄膜 30c、30d 的开口，形成薄膜记录线圈 14。在适当设定薄膜 30b ~ 30d 的材料和蚀刻的气体种类及条件时，这种有选择的蚀刻是可能的。

使用对薄膜 30c 的蚀刻速度小而对薄膜 30d 的蚀刻速度大的蚀刻方法，设置贯通薄膜 30d 的开口，形成薄膜回程偏转线圈部 13。

20 如以上说明，若适当设定薄膜材料和蚀刻方法，则蚀刻选择比变大，即可容易形成图 5(b) 所示的薄膜叠层构造。

图 6(A) 是概念地表示本发明第 2 变形例的断面图。图中与上述图 1 到图 5 相同的部分使用相同符号，详细说明省略。该图中表示的重放用磁头 20B 在磁轭顶端 20T 的两侧具有一对重放屏蔽 26、26。该重放屏蔽 26、26 由软磁材料形成，通过限制从媒体流动到磁轭顶端 20T 的磁力，具有 25 提高空间分辨力的作用。该重放屏蔽 26、26 由于在润滑膜 30 的对向面侧形成，因此可以极精密且容易地控制与磁轭顶端 20T 的位置关系。按照本变形例，可以在所定位置配置重放屏蔽，不会不必要地减少信号磁场，而可以有效地隔断构成噪声成分的周围磁场。

30 图 6B 是表示本发明第 3 变形例的断面图。图中与图 1A 到图 6A 相同



的部分使用相同的符号，详细说明省略。

在该图的重放用磁头 20C 中，磁偏转线圈 22、24 通过磁间隙 G 对向设置。来自该磁间隙 G 的正下方的记录磁头的信号磁通量，在由磁偏转线圈 22、检测元件 23、磁偏转线圈 24 组成的磁回路中流动，由检测元件
5 23 检测。

图 6C 是概念地表示本发明第 4 变形例的断面图。图中与图 1A 到图 6B 相同的部分使用同样符号，详细说明省略。

在该图中表示的重放用磁头 20D 中，磁偏转线圈 22、24 通过磁间隙 G 对向设置。来自该磁间隙 G 的正下方的记录磁头的信号磁通量，在由磁
10 偏转线圈 22、检测元件 23、磁偏转线圈 24 组成的磁回路中流动，由检测元件 23 检测。

在本变形例中，相对于检测元件 23，一对簧片 50、50 上下连接。也就是说，读出电流在相对于检测元件 23 的垂直方向流动。这样，可以使
15 读出电流仅集中在检测元件 23 灵敏度较高的部分，能够进一步改善检测灵敏度。

如上所述的本发明的磁头可以组成记录重放一体型磁头，装置在磁记录重放装置中。

图 7 是表示这种磁记录重放装置概略构成的要部斜视图。本发明的磁记录重放装置 150 是采用旋转调节器形式的装置。图中，垂直记录用磁盘
20 200 安装在轴 152 上，通过响应图中未示出的驱动装置控制部的控制信号的图中未示出的马达旋转。进行在磁盘 200 上存储的信息的记录重放的磁头滑触头 153 安装在薄膜状悬浮体 154 的尖端。磁头滑触头 153 可在其尖端附近装载上述任一实施例的磁头。

当磁盘 200 旋转时，磁头滑触头 153 的媒体对向面 (ABS) 对磁盘 200
25 的表面保持所定的浮上量。

悬浮体 154 与具有保持图中未示出的驱动线圈的线圈架部等的调节器支架 155 的一端连接。调节器支架 155 的另一端设置作为线性马达一种的音圈马达 156。音圈马达 156 由在调节器支架 155 的线圈架部上卷绕的
30 图中未示出的驱动线圈以及夹住该线圈地对向配置的永久磁铁和对向偏转线圈组成的磁回路构成。



调节器支架 155 由在固定轴 157 的上下 2 处设置的未图示的滚珠轴承支持，可通过音圈马达 156 自由地旋转滑动。

图 8 是从磁盘侧注视从调节器支架 155 前端的磁头部件的扩大斜视图。磁头部件 160 具有保持驱动线圈的线圈架部等的调节器支架 155，在
5 调节器支架 155 的前端连接悬浮体 154。

在悬浮体 154 的前端安装了具有上述实施例的记录用或重放用磁头的磁头滑触头 153。悬浮体 154 具有信号写入和读取用引线 164，该引线 164 和在磁头滑触头 153 中组装的磁头各电极进行电连接。图中 165 是磁头部件 160 的电极衬垫。

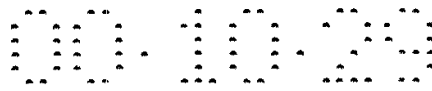
10 在磁头滑触头 153 的媒体对向面 (ABS) 和磁盘 200 的表面之间，设定所定的浮上量。

图 9(a) 是表示浮上量为所定正值时的磁头滑触头 153 和磁盘 200 之间关系的概念图。如该图所示，通常很多磁记录重放装置中，装载磁头
15 10 的滑触头 153 是在离磁盘 200 表面所定距离的浮上状态下动作。本发明中，这种「浮上移动型」磁记录重放装置与已有的装置比较能以高灵敏度进行低噪声的记录·读取。也就是说，采用上述各实施例的磁头，能够以最合适的条件维持主磁极尖端部与辅助磁极和薄膜磁偏转线圈等之间的位置关系，以高灵敏度和低噪声在磁盘 200 上记录信号，而且可对信号磁通量进行重放。实现高输出和高灵敏度，能够抑制热干扰并具有较高的
20 记录密度。

另一方面，当进一步提高记录密度时，必须使浮上量降低，使接近磁盘 200 的位置下滑，读取信息。例如，为了得到平均 1 平方英寸 30G (千兆) 位的记录密度，由浮上引起的无信号损耗过大，也不能忽视因极低浮上导致的磁头 10 与磁盘 200 的碰撞问题。

25 为此，反而要考虑使磁头 10 和磁盘 200 积极接触移动的方式。

图 9(b) 是表示「接触移动型」的磁头滑触头 153 和磁盘 200 关系的概念图。本发明的磁头具有 DLC 润滑膜，而且记录线圈和磁阻效应元件以所定高度与磁盘隔离。在如图 9(b) 所示的「接触移动型」磁记录重放装置中，可以最合适地维持主磁极尖端部与辅助磁极和薄膜磁偏转线圈等
30 之间的位置关系，与以前比较能够更稳定地进行高密度的记录重放。



在本发明中，也可以简单地制成这种低浮上量的滑触头。

5 图 10 是从媒体对向面看滑触头 153 的概念斜视图。磁头 10 设置在相对于滑触头 153 的媒体移动方向的拖尾侧 T（后侧），在前面侧 L（前侧）设置空气图形 153A。该空气图形 153A 具有从流体力学角度来看以最合适的方式控制随媒体的移动产生的媒体附近空气的流动的作用，特定形状和深度是必要的。

在本发明中，在磁头制造的同时，可以形成该空气图形 153A。也就是说，在图 2 所示的一系列工序以前，在基板 41 的表面可以形成空气图形 153A 的反转图形。

10 图 11 是表示形成这样的反转图形的基板 41 的表面构造的斜视图。在该图的例子中，在基板 41 的表面形成 4 个与滑触头对应的领域 153S。在各个滑触头形成领域 153S 上，形成与磁头形成领域对应的凹部 10S 和与空气图形的反转图形对应的凹部 153i。

15 这样，使基板 41 形成图形，此后，实施图 2 至图 3 的一系列工序，基板 41 的凹部被复制在滑触头的媒体对向面。在图 3(c) 所示的嵌入后，沿切断线 63 切断基板 41，如图 3(d) 所示分离基板 41，即可不经过麻烦的机械加工工序和加工工艺，仅以薄片工序对低浮上量的滑触头 153 的浮上面的空气图形 153A 进行加工。其结果可以实现 1/3 以上的大幅度低成本化。

20 以上参照具体实例说明了本发明的实施例。然而，本发明并不限于这些具体例子。例如，构成磁头的各单元的材料和形状等，从业人员采用所能选择范围的一切时，都有同样的效果。

25 另外，磁记录重放装置也可以仅用于记录或重放，媒体也不限于硬盘，可以使用其他如软盘和磁卡等所有磁记录媒体。还可以是从装置中取出磁记录媒体的所谓「可拆卸」形式的装置。

说明书附图

图 1A

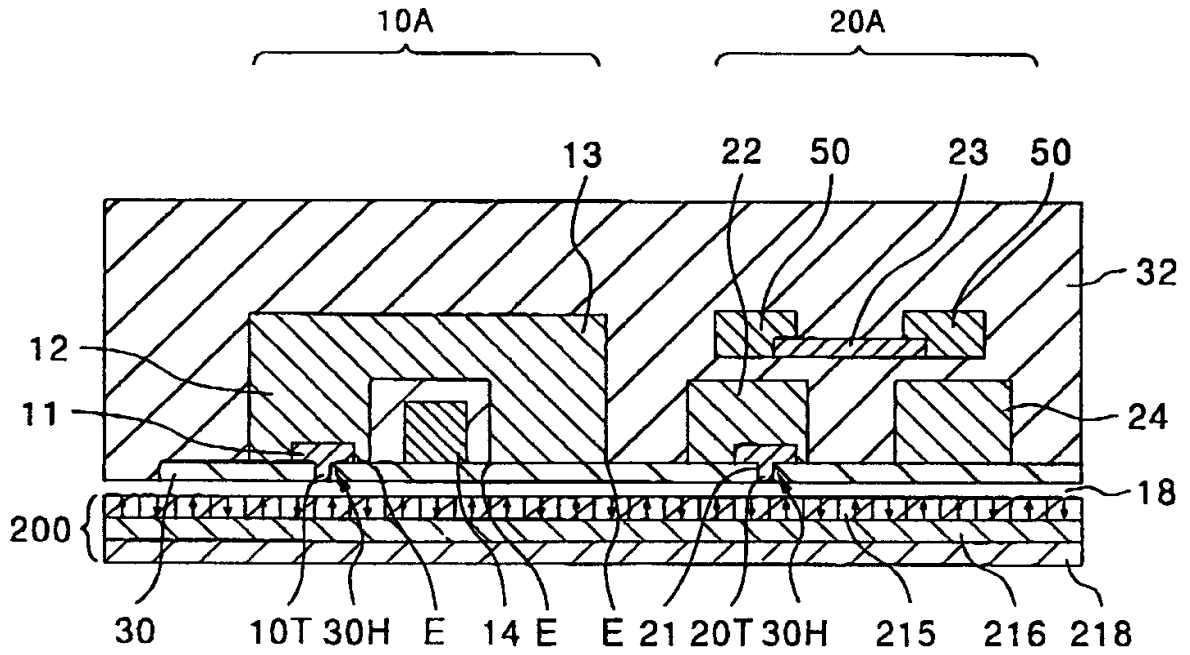


图 1B

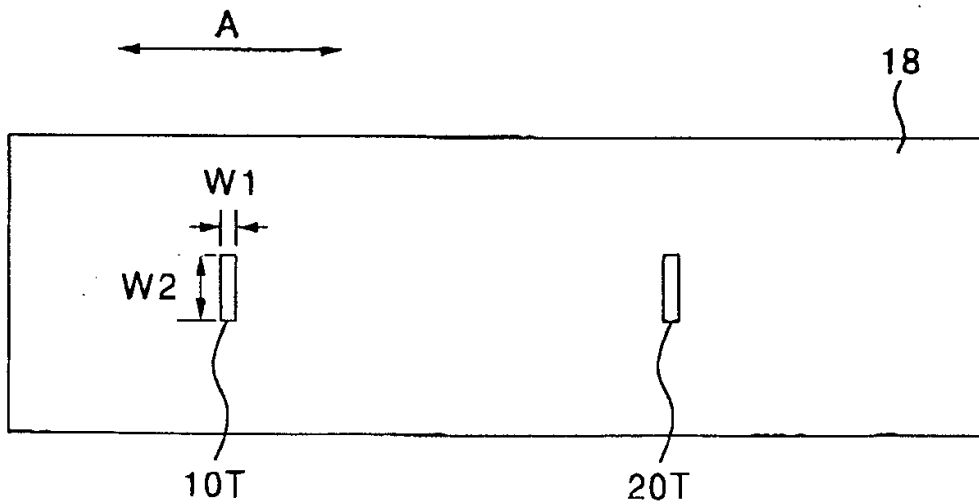


图 1C

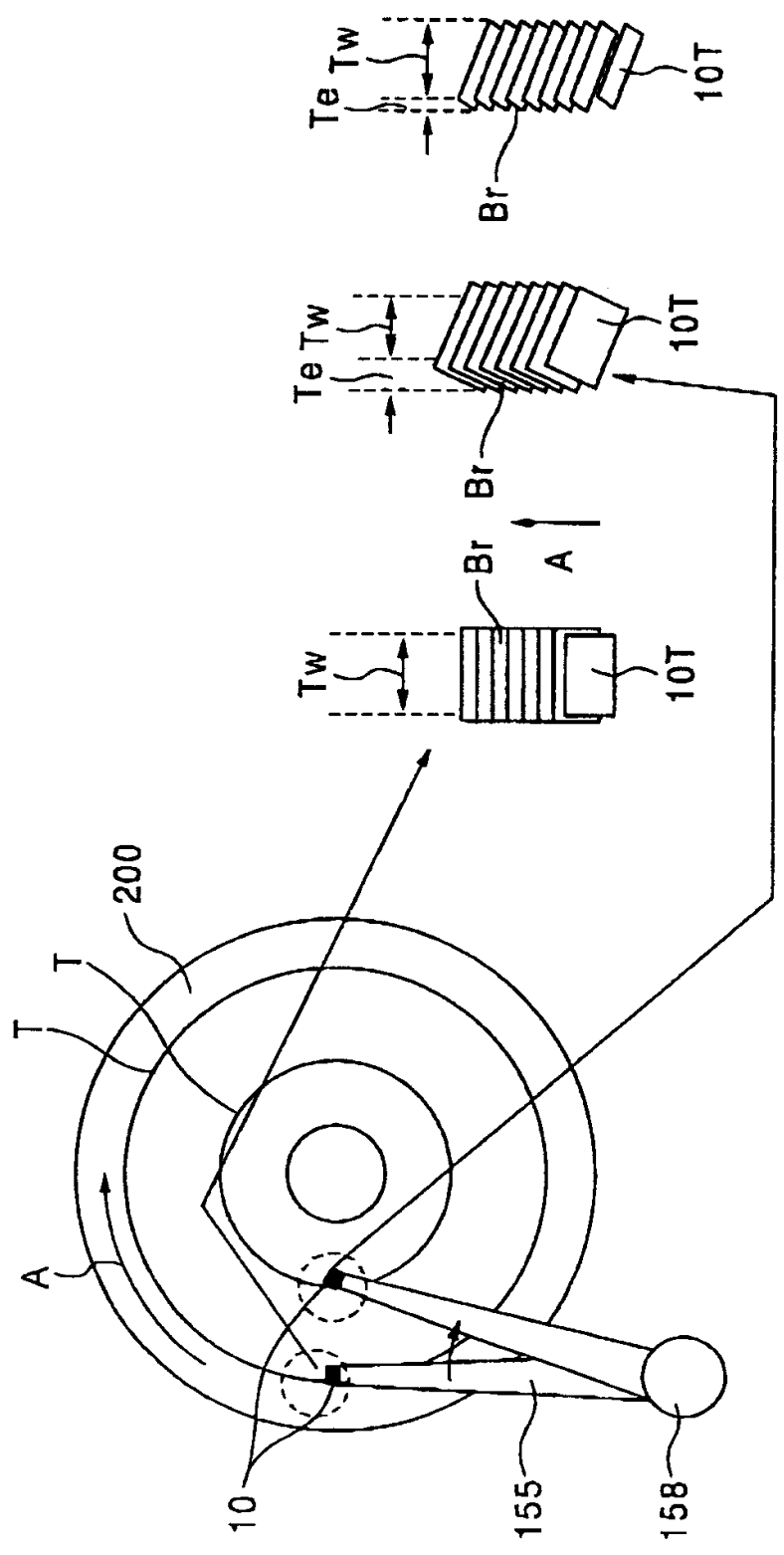


图 2A

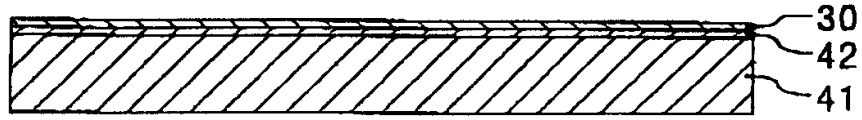


图 2B

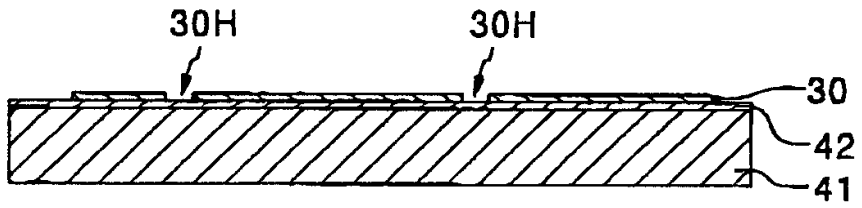


图 2C

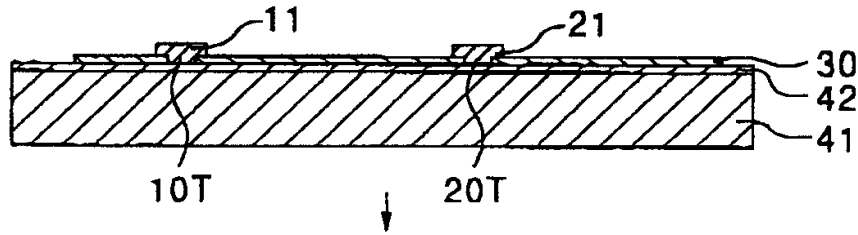


图 2D

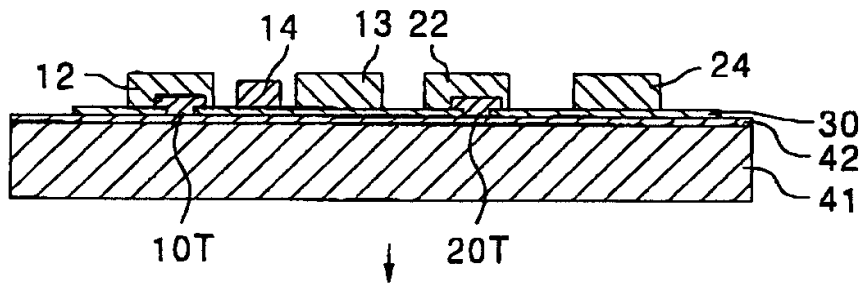


图 2E

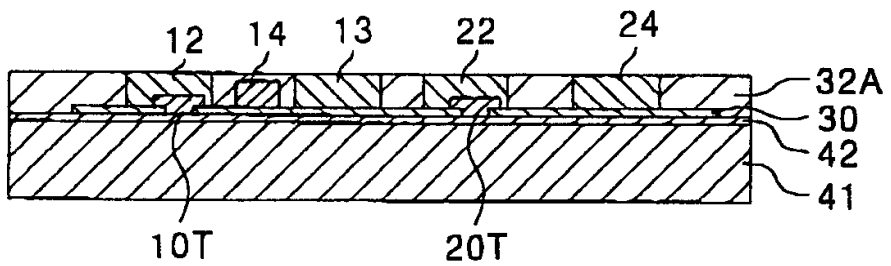


图 3A

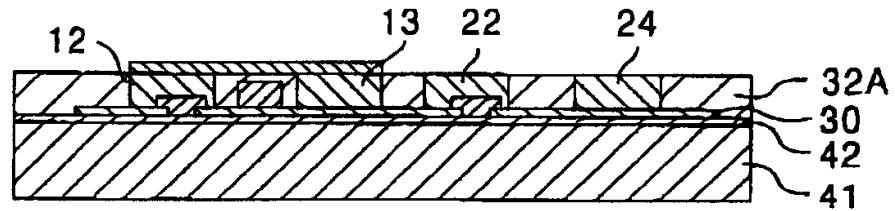


图 3B

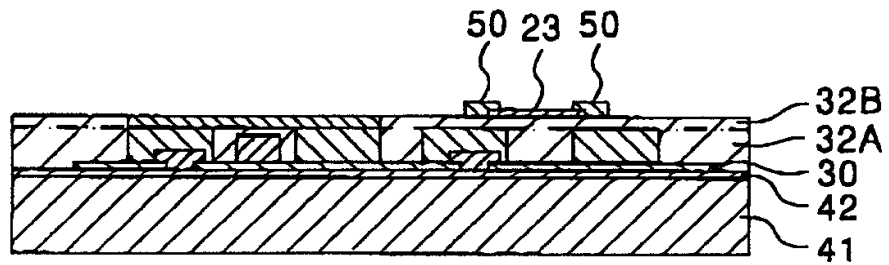


图 3C

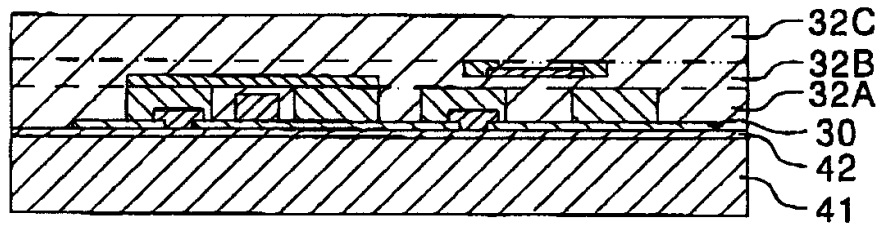


图 3D

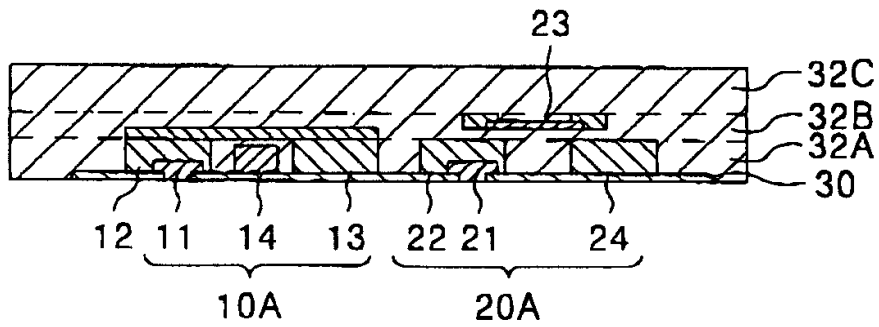


图 4

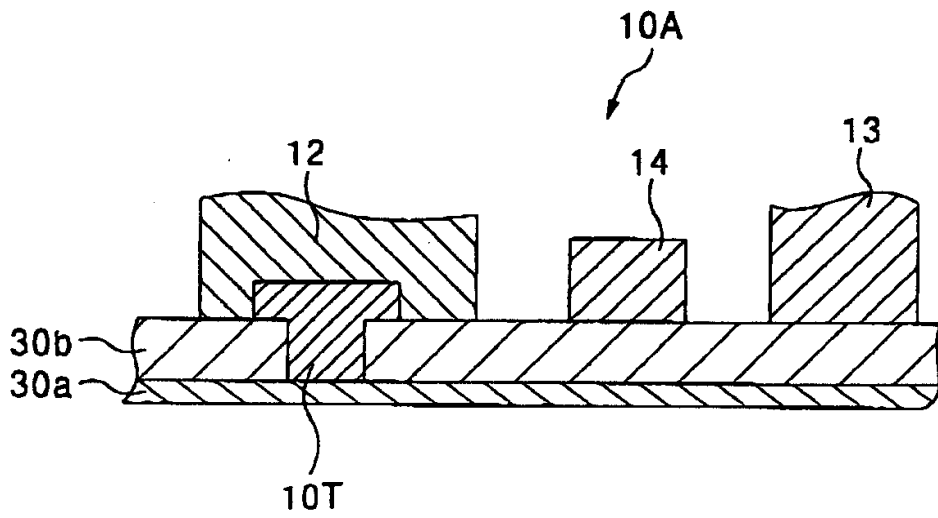


图 5A

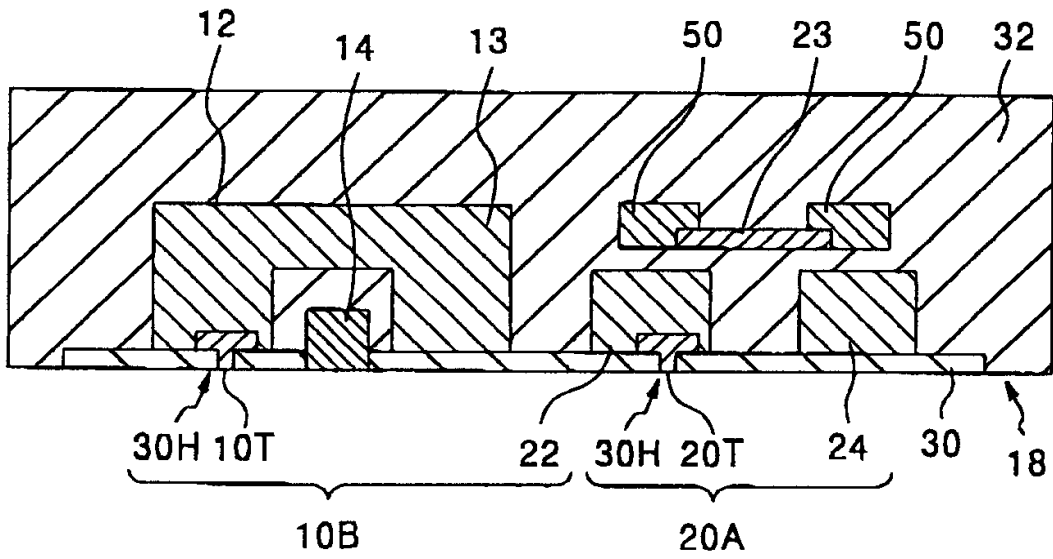


图 5B

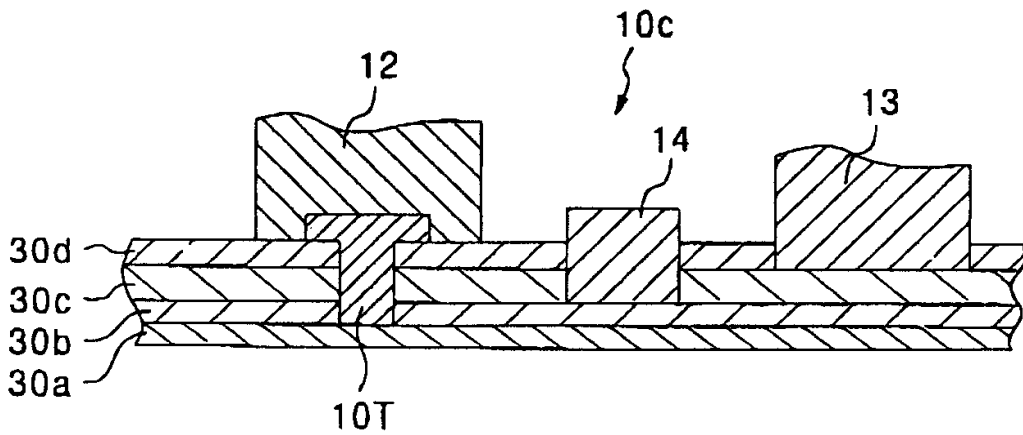


图 6A

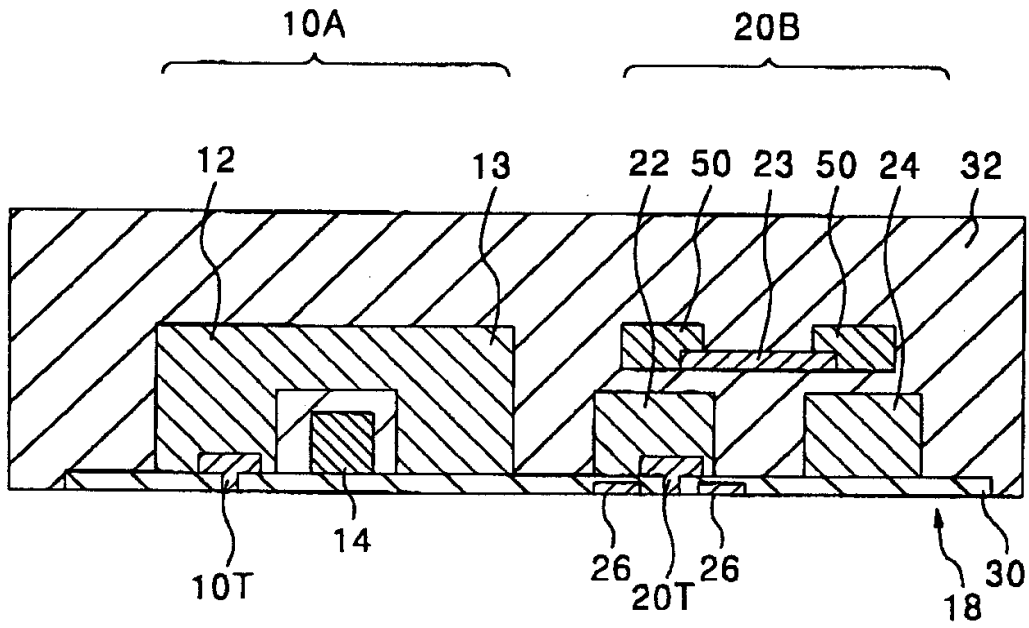


图 6B

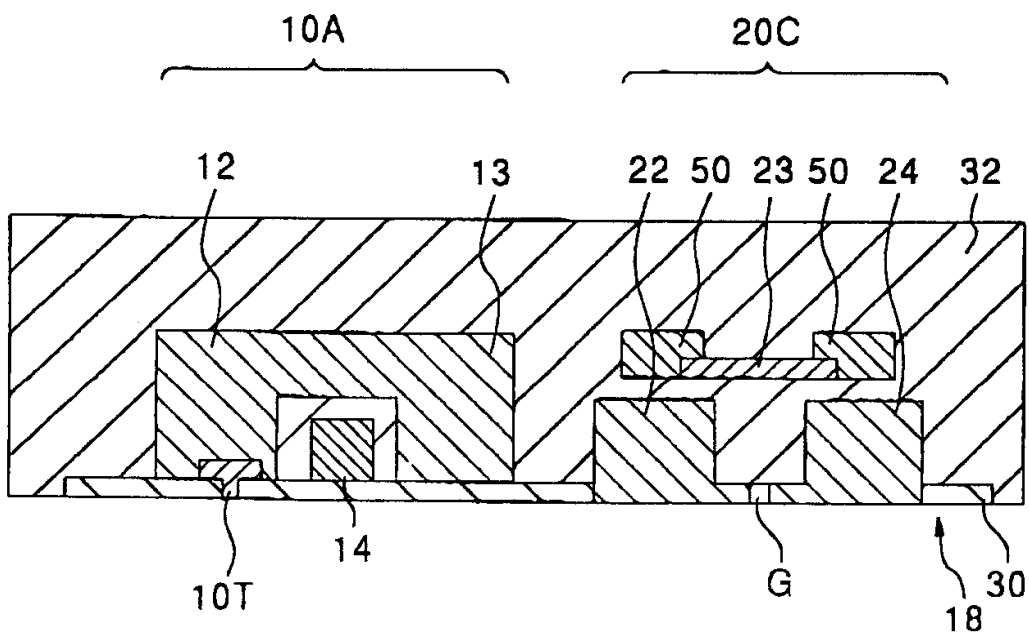


图 6C

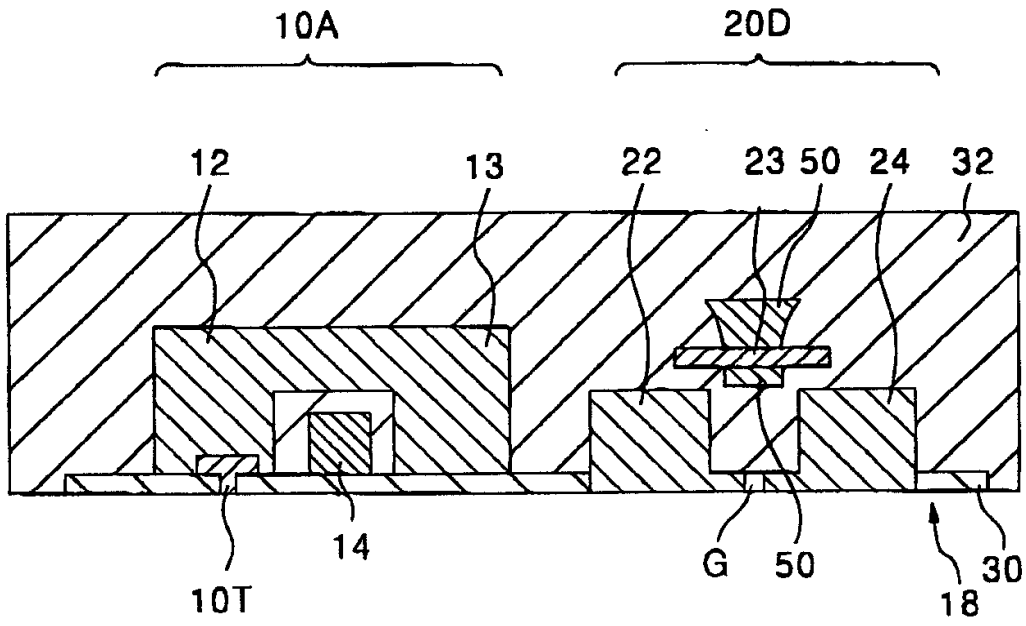


图 7

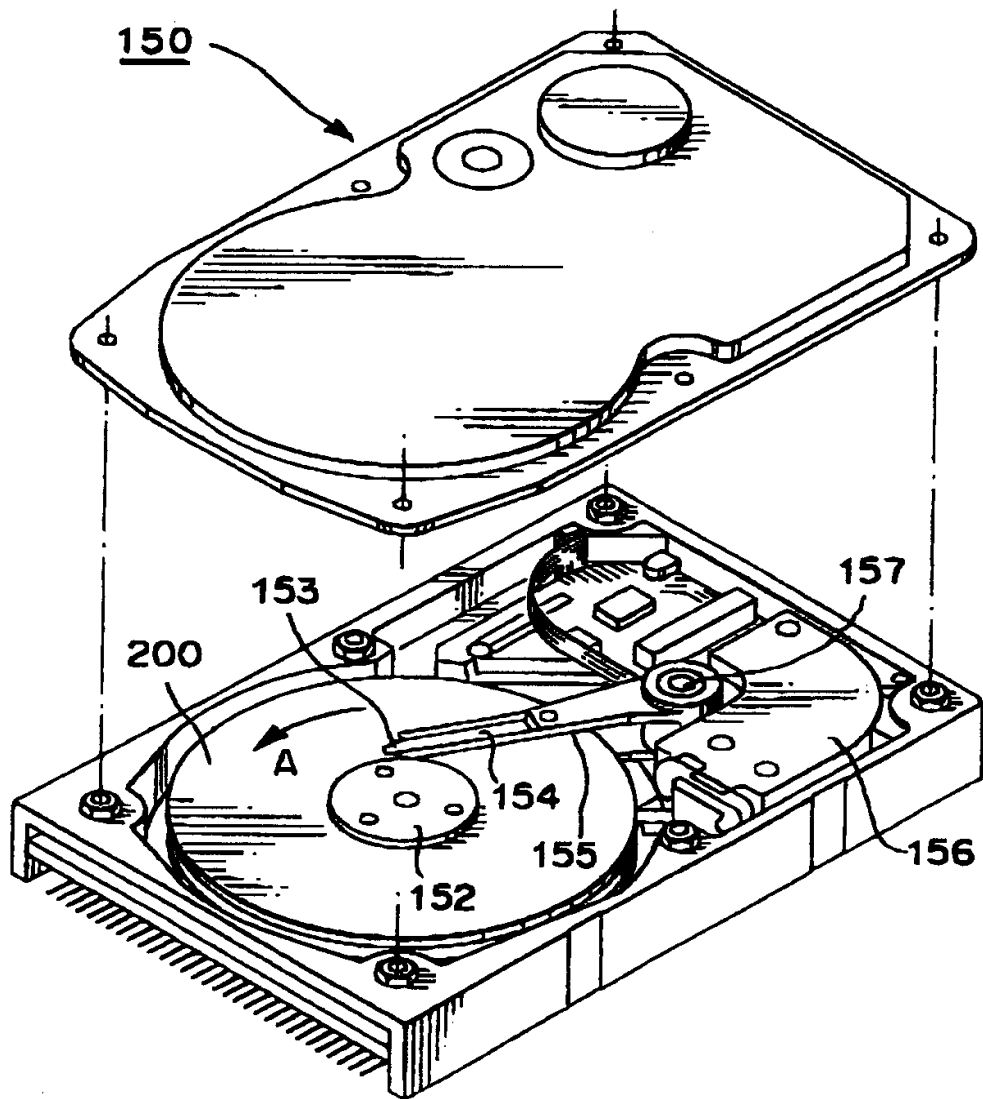


图 8

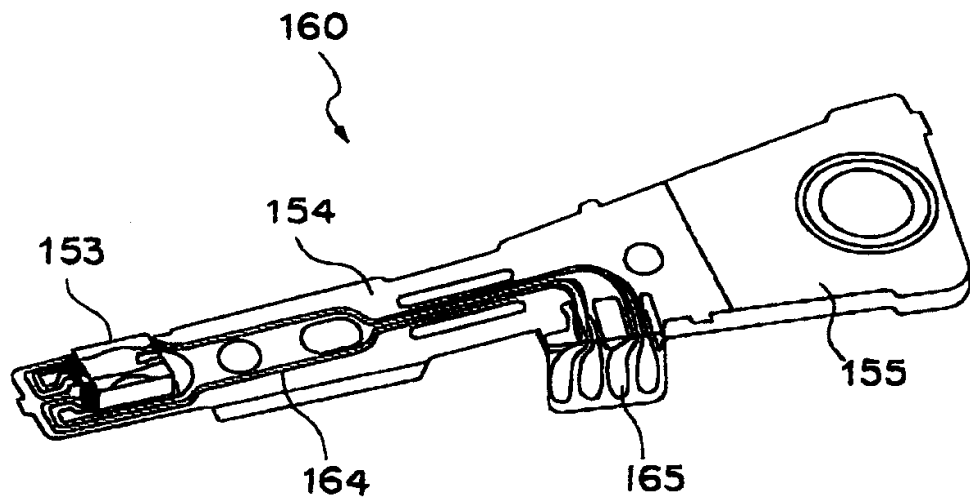


图 9A

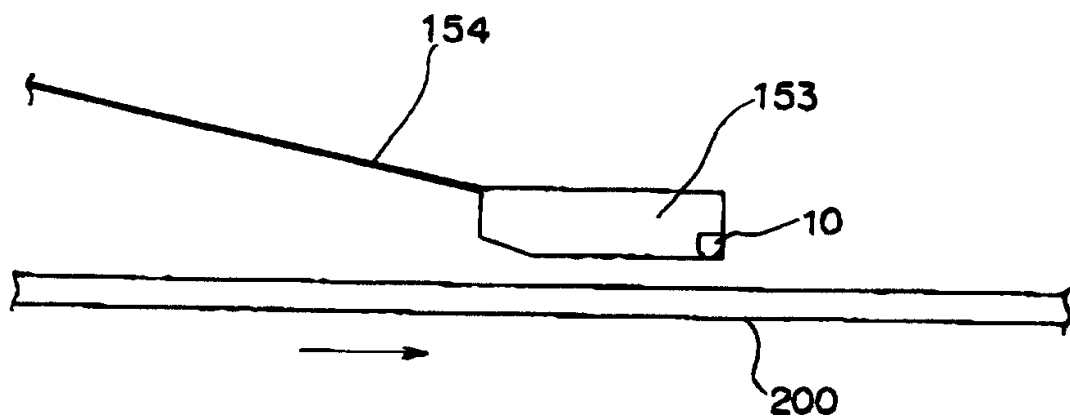


图 9B

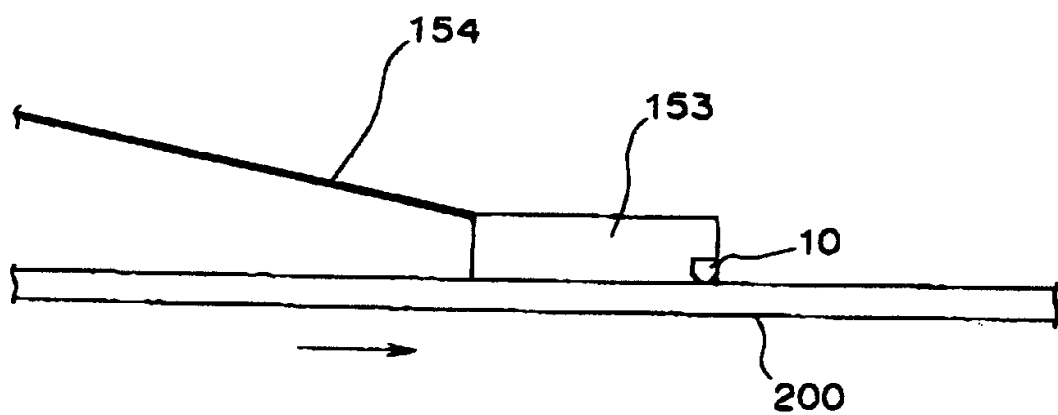


图 10

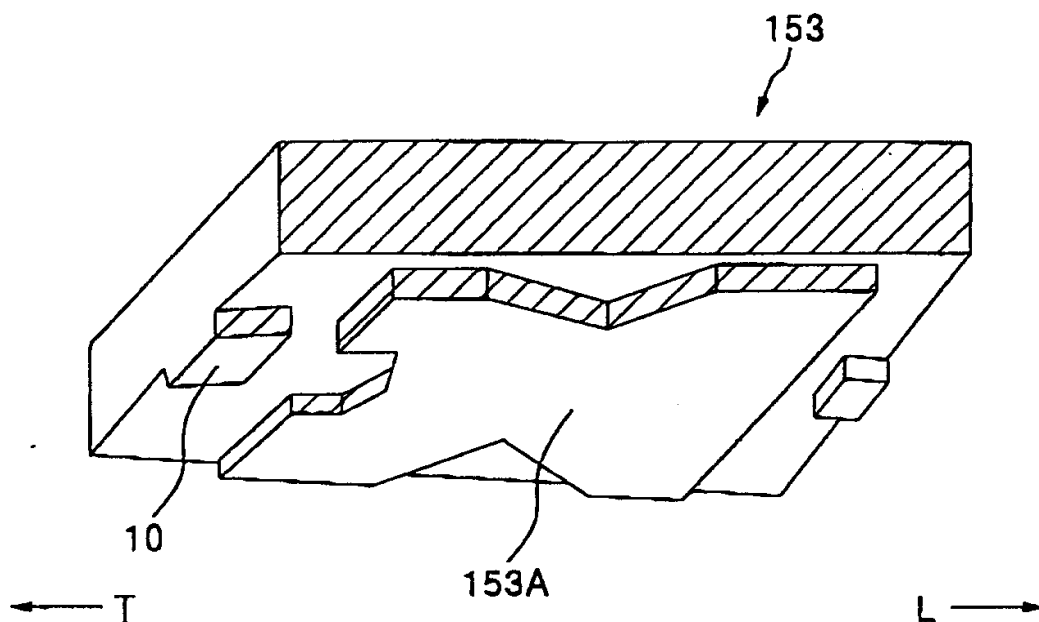


图 11

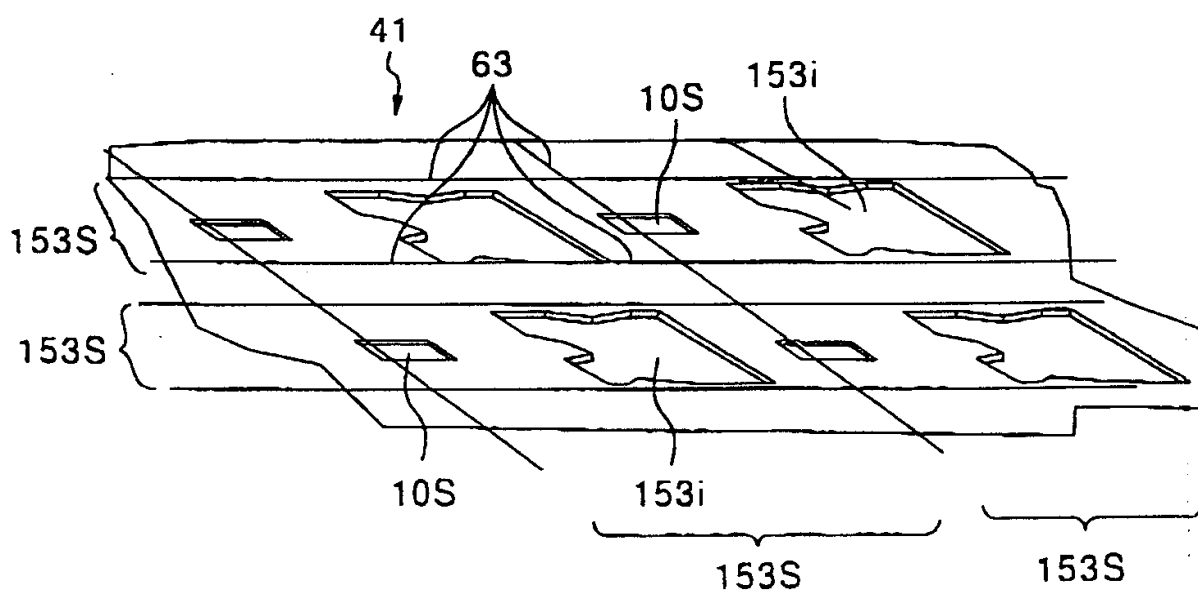


图 12

