



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410031297.4

[45] 授权公告日 2007 年 3 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1305032C

[22] 申请日 2004.3.26

[21] 申请号 200410031297.4

[30] 优先权

[32] 2003.3.26 [33] US [31] 10/400,210

[73] 专利权人 日立环球储存科技荷兰有限公司

地址 荷兰阿姆斯特丹

[72] 发明人 托马斯·R·阿尔布雷什特 李致淳

查尔斯·马修·梅特 潘宗玺

罗伯特·N·佩恩

[56] 参考文献

US2002/0024769A1 2002.2.28

US6493188B1 2002.12.10

US6288874B1 2001.9.11

审查员 李 迪

[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 付建军

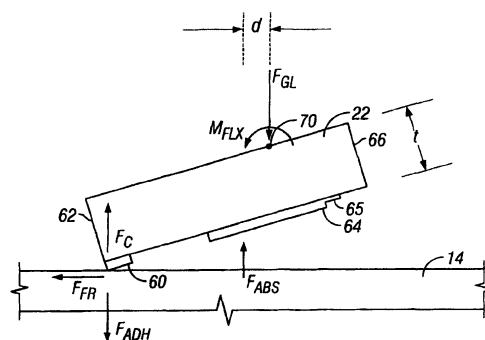
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 6 页

[54] 发明名称

具有连续接触空气支承浮动块的磁记录磁盘
驱动器

[57] 摘要

一种磁记录磁盘驱动器使用磁头悬挂组件来实现连续接触记录，该磁头悬挂组件抵偿由磁头载体或浮动块和磁盘之间粘合力产生的力矩。浮动块枢轴点是载重力施加到支撑浮动块的挠曲的一点，与当磁盘以其工作速度旋转时由浮动块的空气支承面施加的净力相比，浮动块枢轴点更接近于浮动块的前端。这保证净空气支承力产生关于枢轴点的力矩，来部分地抵抗挠曲力矩以及由磁盘和浮动块接触垫之间的粘合力产生的力矩。



1. 一种磁盘驱动器，其具有：具有磁记录层的可旋转磁盘，以及用于从磁盘上的磁记录层中读取数据或者将数据记录到其中的磁头，该磁盘驱动器包括：

具有顶侧、磁盘侧、前端和后端的磁头载体，该载体具有在磁盘侧上的空气支承面和在磁盘侧上接近后端的接触垫；

用于跨越磁盘移动载体的致动器；以及

将载体连接到致动器的悬架，其包括连上载体顶侧的挠曲和连上挠曲的载重梁，并且具有在枢轴点处接触载体顶侧的尖头；如果接触垫不与磁盘接触，则载体具有正俯仰角，其前端在磁盘之上比后端高；载重梁施加力来推动载体接触垫接触磁盘，并且挠曲施加关于枢轴点的挠曲力矩来推动载体接触垫接触磁盘；其中枢轴点位于载体前端和载体后端之间的中点，并且与当磁盘以其工作速度旋转时由载体的空气支承面施加的净力相比，枢轴点更接近于载体的前端；以及其中空气支承面的大部分比载体前端更接近于载体前端和载体后端之间的中点；从而所述的净空气支承力产生关于枢轴点的力矩来部分地抵抗挠曲力矩以及由磁盘和载体接触垫之间的粘合力产生的力矩。

2. 根据权利要求 1 的磁盘驱动器，还包括连上悬架用于改变载体相对于悬架的角度的致动元件。

3. 根据权利要求 2 的磁盘驱动器，其中致动元件位于挠曲上。

4. 根据权利要求 2 的磁盘驱动器，其中致动元件在垂直于载体顶侧的方向上移动载重梁尖头，从而改变所述的角度。

5. 根据权利要求 2 的磁盘驱动器，其中致动元件是压电元件。

6. 根据权利要求 2 的磁盘驱动器，其中致动元件是静电元件。

7. 根据权利要求 2 的磁盘驱动器，其中致动元件是热元件。

8. 根据权利要求 1 的磁盘驱动器，其中空气支承面包括多个空气支承垫。

9. 一种磁盘驱动器磁头悬挂组件，包括：

具有顶侧、磁盘侧、前端和后端的浮动块，该浮动块具有在磁盘侧上的空气支承面和和在磁盘侧上接近后端的接触垫，浮动块的空气支承面的大部分位于浮动块后端和浮动块中点之间；以及

包括连上浮动块顶侧的挠曲和连上挠曲的载重梁的悬架，浮动块由该悬架以正俯仰角支撑，其前端比后端更靠近载重梁，该载重梁具有在枢轴点接触浮动块顶侧的尖头，并且挠曲施加关于枢轴点的挠曲力矩来推动浮动块接触垫靠向磁盘，枢轴点比由浮动块的空气支承面产生的净力更接近于浮动块的前端。

10. 根据权利要求 9 的组件，其中枢轴点比接近浮动块后端更接近于浮动块前端。

11. 根据权利要求 9 的组件，还包括连上悬架用于弯曲悬架的致动元件。

12. 根据权利要求 11 的组件，其中致动元件位于挠曲上。

13. 根据权利要求 11 的组件，其中致动元件在垂直于浮动块顶侧的方向上移动载重梁尖头。

14. 根据权利要求 11 的组件，其中致动元件是压电元件。

15. 根据权利要求 11 的组件，其中致动元件是静电元件。

16. 根据权利要求 11 的组件，其中致动元件是热元件。

17. 根据权利要求 9 的组件，其中空气支承面包括多个垫，所述垫的一个是接近浮动块后端的接触垫。

18. 根据权利要求 9 的组件，还包括位于浮动块上接近浮动块后端的读/写磁头。

19. 一种磁盘驱动器，其具有：具有磁记录层的可旋转磁盘，以及用于从磁盘上的磁记录层中读取数据或者将数据记录到其中的磁头，该磁盘驱动器包括：

具有顶侧、磁盘侧、前端和后端的磁头载体，该载体具有在磁盘侧上的空气支承面和和在磁盘侧上接近后端的接触垫，在数据读取和记录期间接触垫与磁盘相接触；

用于跨越磁盘移动载体的致动器；以及

将载体连接到致动器的悬架，其包括连上载体顶侧的挠曲和连上挠曲的载重梁，并且具有在枢轴点处接触载体顶侧的尖头；如果接触垫不与磁盘接触，则载体具有正俯仰角，其前端在磁盘之上比后端高；载重梁施加力来推动载体接触垫接触磁盘并在数据读取和记录期间保持接触垫与磁盘相接触，并且挠曲施加关于枢轴点的挠曲力矩来推动载体接触垫接触磁盘；其中与当磁盘以其工作速度旋转时由载体的空气支承面施加的净力相比，枢轴点更接近于载体的前端；从而所述的净空气支承力产生关于枢轴点的力矩来部分地抵抗挠曲力矩以及由磁盘和载体接触垫之间的粘合力产生的力矩。

20. 根据权利要求 19 的磁盘驱动器，其中枢轴点比接近载体后端更接近于载体前端。

具有连续接触空气支承浮动块的磁记录磁盘驱动器

技术领域

本发明一般地涉及磁记录磁盘驱动器，特别地涉及使用空气支承浮动块(air-bearing slider)来连续接触记录的磁记录磁盘驱动器。

背景技术

在常规磁记录硬磁盘驱动器中，每个读/写变换器（或磁头）支撑在空气支承浮动块上，当磁盘以其工作速度旋转时，空气支承浮动块骑跨在其相关磁盘面的表面上方的空气垫或空气支承上。浮动块通过相对脆的悬架连接到致动器(actuator)。悬架包括支撑浮动块并使之可以摇摆的万向节或挠曲，以及具有凹座或尖头的载重梁，载重梁施加小的力使浮动块偏向于磁盘面。浮动块具有空气支承面（ABS, air-bearing surface），其设计来产生空气支承力，以抵抗由载重梁产生的偏转力，从而保证浮动块“飞”在上方并且不与磁盘面接触。

新近，连续接触记录已经被提出，其使用具有 ABS 的浮动块形式的磁头载体，ABS 将浮动块仅部分地支撑在磁盘面上方，在读和写数据过程中浮动块的后部仍然与磁盘面接触。这种类型的连续接触浮动块和磁盘之间的分界面已经由 J. Itoh 等人 “An Experimental Investigation for Continuous Contact Recording Technology”（连续接触记录技术的实验研究），IEEE Trans. On Magnetics, vol. 37, No. 4 2001 年 7 月, p. 1806 研究。连续接触记录磁头悬挂组件已经在公布的专利申请 US2002/0024769 中描述。但是，先有技术讲到在连续接触记录过程中，浮动块上的接触力仅由垂直于磁盘面作用的排斥反作用力和平行于磁盘面作用的摩擦力构成。因此连续接触记录的尝试已经导致无法接受的摩擦，并磨损浮动块-磁盘分界面处的浮动块和磁盘。

需要的是浮动块-磁盘分界面处的浮动块和磁盘不会遭受无法接受

的磨损的连续接触记录磁盘驱动器。

发明内容

本发明部分地基于以下发现：在连续接触记录浮动块-磁盘分界面中，在浮动块和磁盘之间有重要的粘合力，其必须被考虑以成功地完成连续接触记录。本发明是一种具有磁头悬挂组件的磁记录磁盘驱动器，磁头悬挂组件提供连续接触记录，还通过产生关于浮动块枢轴点的抵抗力矩，来抵偿由浮动块和磁盘之间的粘合力产生的力矩，浮动块枢轴点是载重力施加到支撑浮动块的挠曲的一点。与当磁盘以其工作速度旋转时由浮动块的空气支承面施加的净力相比，枢轴点位于更接近浮动块的前端。这保证净空气支承力产生关于枢轴点的力矩，来部分地抵抗挠曲力矩以及由磁盘和浮动块接触垫之间的粘合力产生的力矩。枢轴点可以位于浮动块体的中点和前端之间，并且空气支承面可以被设计和定位，以保证净空气支承力在浮动块枢轴点的后方。枢轴点也可以位于浮动块体中点，并且空气支承面设计有大约位于中点的垫以保证净空气支承力在中心枢轴点的后方。致动元件，例如压电、静电或热元件，可以位于悬架载重梁或悬架挠曲两者之一上，以增加或减小挠曲力矩，从而调节净空气支承力的抵抗作用。致动元件也可以使浮动块卸载或装载到磁盘上。因此，磁头悬挂组件使垂直于浮动块-磁盘分界面作用于浮动块上的排斥反作用力达到最小，从而使在该分界面处的浮动块接触垫和磁盘的摩擦和磨损达到最小。

为了更全面理解本发明的本质和优点，应当参考下面的一并考虑附图的详细描述。

附图说明

图 1 是拿走盖子的先有技术磁盘驱动器的顶视图。

图 2 是磁盘驱动器中先有技术磁头悬挂组件的分解透视图。

图 3 是磁头悬挂组件的侧视图，显示浮动块与磁盘接触以先有技术中所描述的方式来连续接触记录。

图 4 是与磁盘接触的连续接触记录浮动块的侧视图，说明作用于先有技术中所描述的浮动块的力和力矩。

图 5A-5B 显示两种代表性先有技术连续接触记录浮动块的磁盘侧，说明前浮动垫和后接触垫。

图 6 是根据本发明的与磁盘接触的连续接触记录浮动块的侧视图，说明在枢轴点后方作用于浮动块上的净空气支承表面力 F_{ABS} 。

图 7 显示根据本发明的浮动块中心枢轴实施方案的磁盘侧，其中主空气支承力支撑垫位于稍微在浮动块体中心线的后方。

图 8 是根据本发明的磁头悬挂组件的侧视图，显示与磁盘接触的浮动块和在悬架上用于移动载重梁尖头的致动元件。

具体实施方式

图 1 是拿走盖子的磁盘驱动器 10 的顶视图。驱动器 10 具有外壳或基座 12，其支撑致动器 30 和用于旋转磁记录盘 14 的驱动电机。致动器 30 典型地是音圈电机 (VCM) 旋转式致动器，其具有刚臂 34，并围绕枢轴 32 旋转，如由箭头 24 所示。磁头悬挂组件 20 包括使一端连上致动器的刚臂 34 的末端的悬架 21 和典型地是浮动块 22、连上悬架 21 的另一端的磁头载体。当磁盘 14 旋转时，致动器 30 的运动使磁头载体 22 的尾端上的磁头可以访问磁盘 14 上不同的数据轨道 18，以记录和读取数据。

图 2 更详细地显示磁头悬挂组件 20。磁头悬架 21 包括载重梁 40 和挠曲 50。载重梁 40 具有刚性区域 42，弹性区域 44，以及刚性段 46，刚性区域 42 的至少一部分用于将载重梁装配到致动器的刚臂 34 (图 1)。刚性段 46 包括刚性加强钢轨 47，其增强刚度，并且已知以多种方法来提供，包括如所述的侧轨，和/或内轨或者沟槽。刚性加强钢轨 47 增加刚性段 46 的纵向刚度，以向载重梁 40 末端附近尖头 48 处的浮动块 22 提供受力或载重。

挠曲 50 在载重梁 40 的末端附近提供浮动块 22 和载重梁 40 之间的弹性连接。挠曲 50 允许浮动块 22 在其摇摆方向上运动，以抵偿旋转磁

盘面的起伏。许多不同类型的挠曲，也称为万向节，已知提供允许浮动块 22 的摇摆运动的弹性连接。任何挠曲被考虑以本发明方式使用。所举例的是具有浮动块接合垫部分 52 的挠曲 50 的一个具体例子，浮动块 22 的顶侧或上端面可以例如通过使用粘接剂连上浮动块接合垫部分 52。浮动块接合垫部分 52 典型地从横档 53 提供，横档 53 又通过臂 56 连接到挠曲 50 的装配部分 54。挠曲 50 典型地通过在装配部分 54 处的点焊来连上载重梁 40。为了对准，载重梁 40 还提供有钻孔 49，用于在装配过程中与挠曲 50 的装配部分 54 的类似孔对准。尖头 48，也称作凹座，在载重梁 40 的末端提供，其提供从载重梁 40 到浮动块接合垫部分 52 的点荷载，以向浮动块 22 提供必需的载重并允许浮动块 22 和浮动块接合部分 52 关于尖头 48 的摇摆运动。尖头 48 在称作枢轴点或万向节点的一点处接触浮动块接合部分 52，浮动块 22 关于该点而摇摆。薄膜读/写磁头（没有显示）在浮动块 22 的尾端 62 上形成。

图 3 是磁头悬挂组件的侧视图，其显示浮动块 22 和磁盘 14 接触以先有技术中所描述的方式来连续接触记录。浮动块 22 包括接近浮动块尾端 62 的接触垫 60 和接近浮动块前端 66 的浮动垫 64。在前端 66 和浮动垫 64 的 ABS 之间，典型地有离子铣削压力台阶边 65 来提供空气流的初始压力和空气到达浮动垫 64 之前空气流的更平缓的渐变。载重梁 40 位于离磁盘 14 称作 Z-高度的距离。载重梁 40 的尖头 48 在前端 66 和尾端 62 之间位于浮动块 22 中点处的枢轴点 70 施加载重力。如果浮动块离开磁盘，浮动块体产生关于载重梁 40 的角度 θ_0 。这是浮动块 22 的“正俯仰角”位置（即面向进入空气流的前端 66 被“向上”倾斜），并且需要用来保证后接触垫 66 和磁盘 14 建立接触。当浮动块 22 在磁盘 14 上时，如图 3 中所示，载重力使挠曲 50 弯曲以将浮动块移动到较小角度 θ 。这导致与 θ 的改变即 $(\theta_0 - \theta)$ 成正比的挠曲力矩，其关于枢轴点 70 而作用。在当磁盘驱动器不工作时浮动块“停放”在离开磁盘面的斜坡上的“装载/卸载”型磁盘驱动器中，浮动块 22 相对于磁盘 14 的正俯仰角，如图 3 中所示，也需要在将浮动块装载到磁盘上的过程中用来保证后接触垫 60 首先接触磁盘。

图 4 显示作用在先有技术中所描述连续接触记录浮动块上的力和力矩，例如在先前引用的 US2002/0024769 中显示的。重力 F_{GL} 被净空气支承力 F_{ABS} 和来自磁盘的接触力 F_C 的总和抵消。作为挠曲力矩 M_{FLX} 和由 F_{ABS} 引起的关于枢轴点 70 的力矩的结果，浮动块的接触垫 60 保持和磁盘 14 接触。浮动块的浮动垫 64 被设计和定位，使得 F_{ABS} 位于枢轴点 70 的前方，载重力 F_{GL} 通过枢轴点 70 而作用。这保证由 F_{ABS} 引起的力矩抵抗由 F_C 和摩擦力 F_{FR} 产生的力矩，否则会导致接触垫 60 离开磁盘 14。图 5A-5B 显示两种代表性连续接触记录浮动块的磁盘侧，并说明浮动垫 64（具有台阶边 65）和接触垫 60。

优选实施方案

先有技术未能考虑连续接触记录浮动块的接触垫和磁盘之间的粘合力的作用。本发明部分地基于该粘合力的发现及其对连续接触记录磁盘驱动器中磁头悬挂组件的适当设计的重要性。当浮动块接近磁盘面，即小于大约 10nm，或接触磁盘面时，在浮动块的最接近磁盘面的部分上，基本的吸引力或粘合力下拉。该粘合力可以由下面来源的组合产生，包括：浮动块和磁盘之间的范德瓦尔斯相互作用，跨越接触分界面的化学键，源自浮动块或磁盘上的偏压的静电力，例如由磁盘驱动器主轴电机充电或者有意施加而引起的静电力，源自浮动块-磁盘接触电位的静电力，源自自由浮动块摩擦磁盘（摩擦放电）而产生的电荷的静电力，以及源自在接触点附近向上吸液的润滑剂或污染物的弯液面力。

在本发明中，净空气支承表面力 F_{ABS} 在枢轴点后方作用于浮动块上，产生帮助抵抗由粘合力产生的关于枢轴点的力矩的力矩。这在图 6 中说明。在完全负载状态下，作用在枢轴点 70 处的重力 F_{GL} 和空气支承力 F_{ABS} （包括负和正的压力分量）的总体中心是这样的，它们在浮动块 22 上产生负力矩，当该负力矩加上由 F_{FR} 产生的负摩擦力矩时，超过由挠曲施加的正力矩 M_{FLX} 。这在后接触垫 60 上导致“上拉”，其抵消作用在接触垫 60 上的由粘合力 F_{ADH} 产生的正力矩的一小部分。总净力矩（ $M_{FLX}+d*F_{ABS}+t*F_{FR}$ ）的量值被选择，使得由磁盘 14 施加在浮动块

22 上的平衡该总净力矩的反作用力或接触力 F_C 处于目标稳态水平。本发明使该目标水平可以设置在与较早发明相比低得多的水平。

图 6 说明本发明的第一实施方案，其中枢轴点 70 不是位于浮动块顶侧上的中点，优选地位于中点和浮动块前端 66 之间的一点。枢轴点的定位更靠前可以伴随将 F_{ABS} 更向后移的 ABS（浮动垫 64）设计。

因为对于常规的磁头悬挂组件，浮动块中点是枢轴位置，将枢轴点定位于非浮动块中点，可能导致常规的市场上可买到的悬架较大的重新设计以及电连接到位于浮动块尾端 62 上的读/写磁头所需的导线和引线终端处理的新研制。由于这个原因，本发明的第二实施方案是具有如图 7 中所示 ABS 设计的中心枢轴磁头悬挂组件，该 ABS 设计将 F_{ABS} 定位在浮动块中点和浮动块 122 的尾端 162 之间。该实施方案的浮动块 122 的磁盘侧在图 7 中显示，其中较小浮动垫 164'（具有台阶边 165'）位于前端 166 附近，而较大浮动垫 164（具有台阶边 165）位于浮动块中点附近，并且总 ABS 面积的大部分位于浮动块中点和浮动块尾端 162 之间。因为浮动垫上的空气支承力随垫面积的增加而增加，并且随垫离磁盘面的间距的增加而减小，可以从图 7 看到 F_{ABS} 位于浮动块中点后方。 F_{ABS} 的位置可以通过改变相对表面积和垫 164' 及 164 的位置来选择。

图 7 中所示的中心枢轴实施方案使用大约位于浮动块体中点或中心线（从浮动块前端 166 度量的半长度）的原力支撑垫（或垫 164）。不具有前缘压力台阶边的小的尾端接触垫 160 被提供来支撑尾端 162 附近的读/写磁头元件。该小的尾端接触垫 160 产生非常小的空气支承力，并且物理上限制最大接触表面积。小的前缘垫（或垫 164'）用来保证在浮动块装载到磁盘上的过程中浮动块前端的一些支撑和向上倾斜浮动块以保证尾端接触垫 160 的接触的小的力矩。但是，因为中间的大垫 164 支撑悬挂载重的大部分，小的前端和后端垫可以保证浮动块低的纵向稳定性。

在上述实施方案中，可能希望在载重梁或挠曲两者之一上提供致动元件，用来改变浮动块相对悬架而产生的角度，从而改变 M_{FLX} 。图 8 说明这两种可选的致动元件：位于载重梁 40 上的元件 200，或者位于挠

曲 50 上的元件 203。在压薄的“关节”区显示的元件 200 的活动将引起元件弯曲，使尖头 48 向下移动并减小 θ ，从而增加由挠曲施加的力矩 M_{FLX} 。如果由于某些原因，接触垫 160 不再与磁盘 14 接触，例如当粘合力减小时可能发生的，将浮动块“重新装载”到磁盘上也是希望的。如果使用载重梁元件 200，而不是挠曲元件 203，它也可以位于悬架区 44 和 42（参看图 2）之间的关节区。如果使用挠曲元件 203，它的活动将减小角度 θ 。致动元件可以是压电、静电或热的。致动元件也可以用来使尖头 48 离开挠曲 50，或者用来减小角度 θ 从而减小 M_{FLX} ，或者用来将浮动块从磁盘上卸载。例如，位于关节区的双压电晶片类型的压电材料，例如市场上可买到的来自 Morgan Advanced Ceramics 的 PZT5H，允许双向运动。类似地，位于载重梁 40 每一侧上关节区附近的热元件，通过加热热元件的一个或另一个，将允许顺时针和逆时针转动从而尖头 48 的双向运动。热元件可以由黄铜/钢双金属条形成，并且通过环氧树脂或焊接而连上悬架。一种悬架载重梁的压电致动器在美国专利 6,501,625 中描述。

虽然本发明已经关于优选实施方案而具体显示和描述，本领域技术人员应当理解，形式和细节的各种改变可以不背离本发明的本质和范围而进行。因此，所公开的发明被认为仅仅是说明性的并且限于仅在附加权利要求书中指定的范围内。

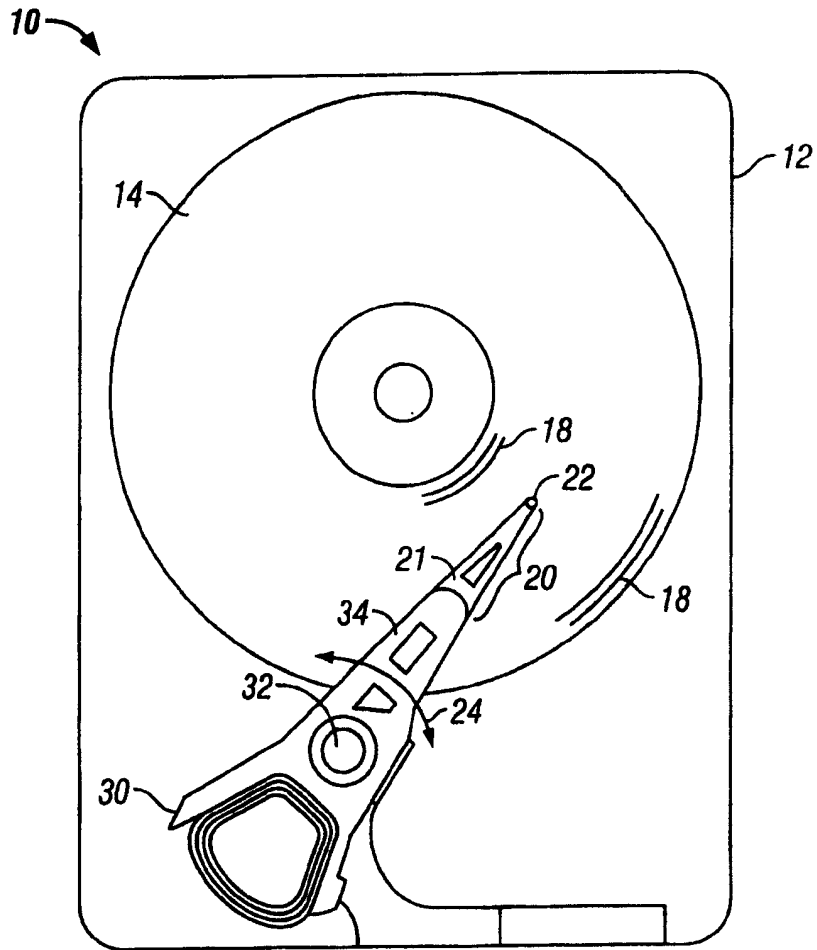


图1
(现有技术)

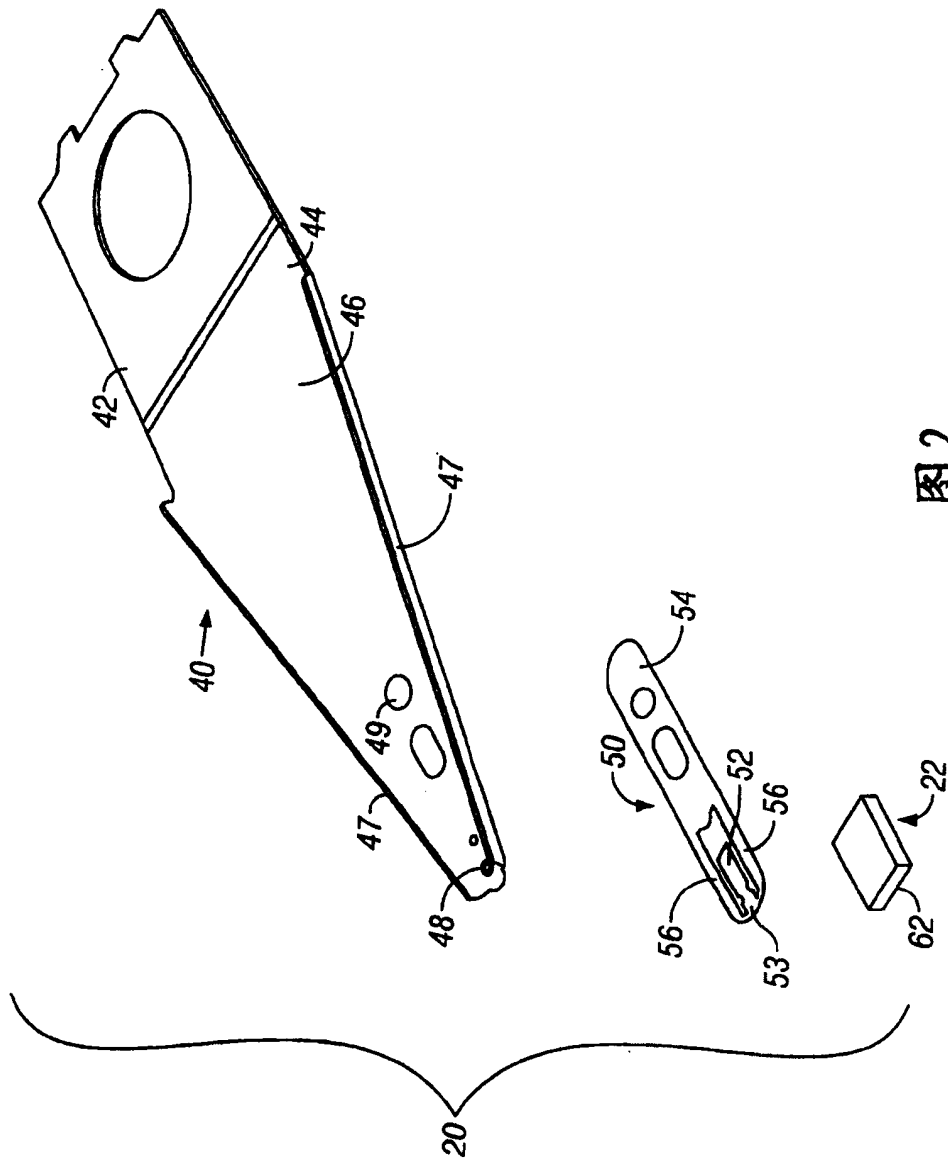


图2
(现有技术)

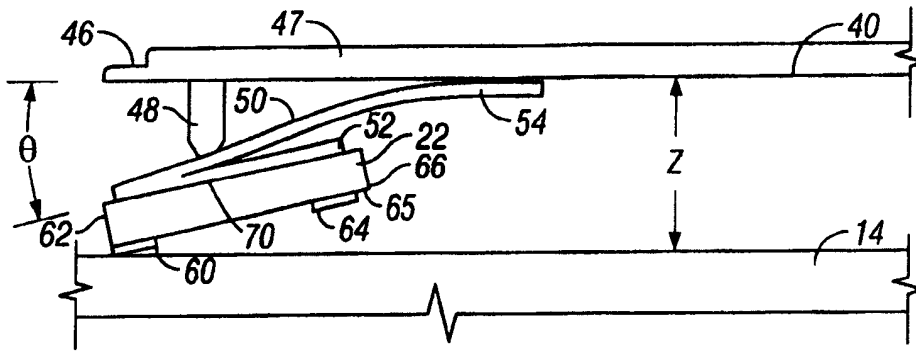


图3
(现有技术)

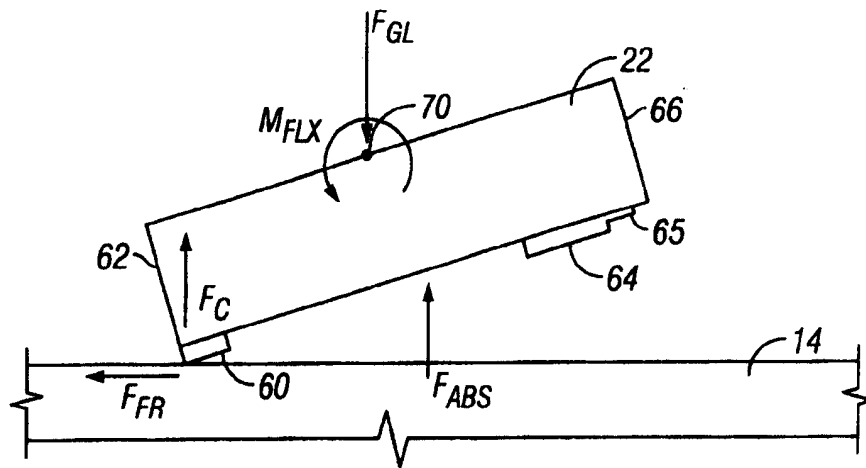


图4
(现有技术)

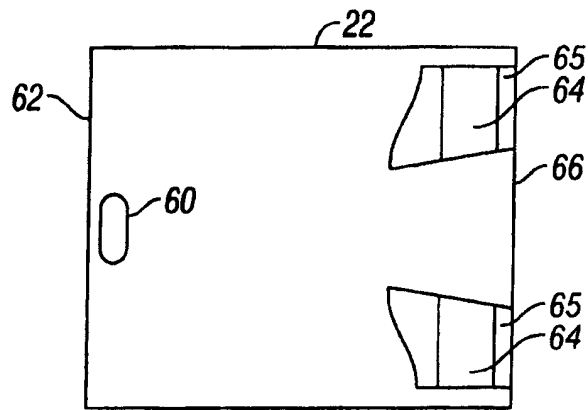


图 5A
(现有技术)

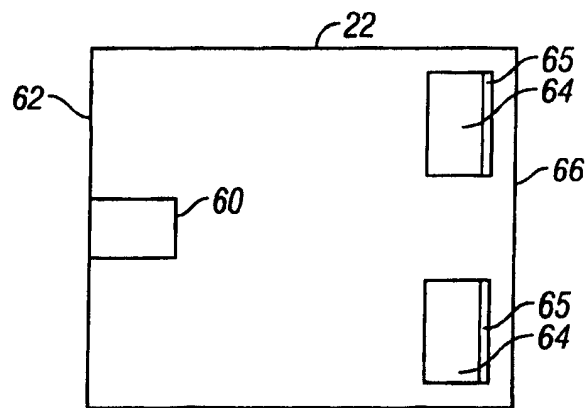


图 5B
(现有技术)

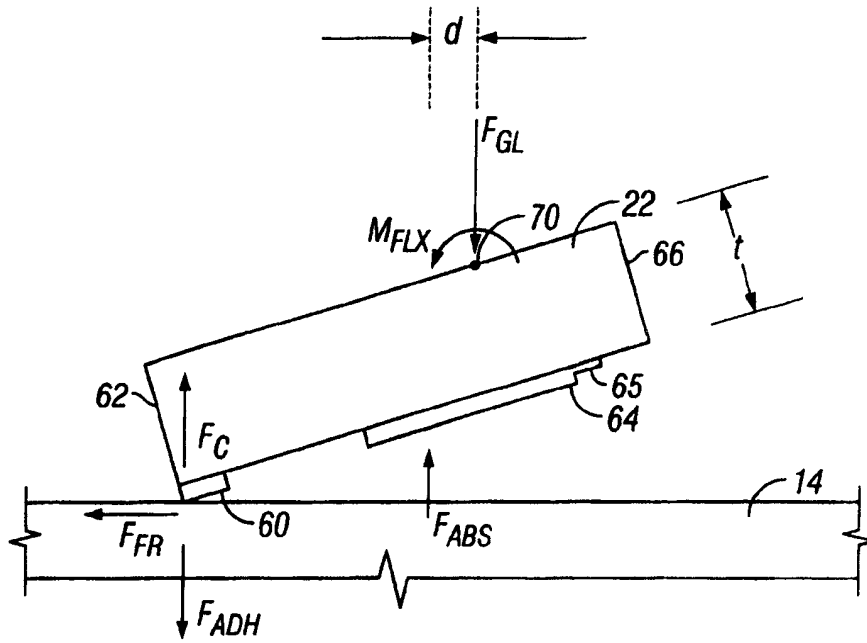


图6

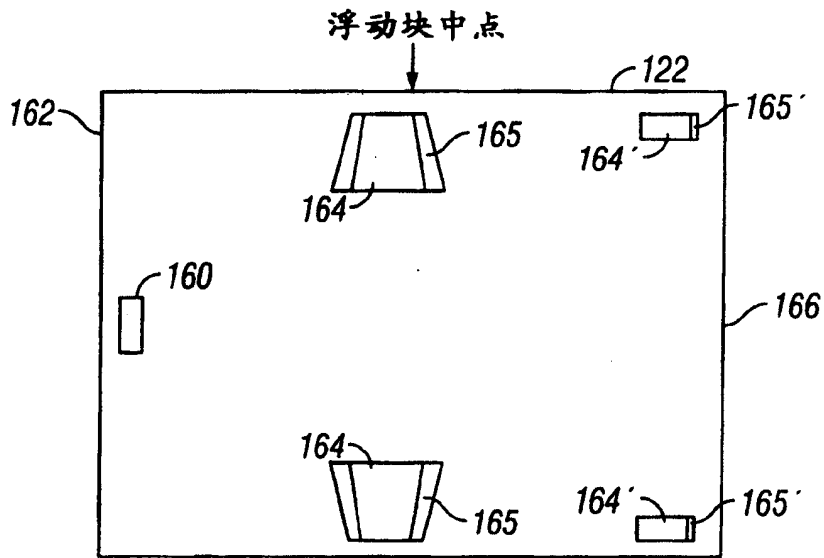


图7

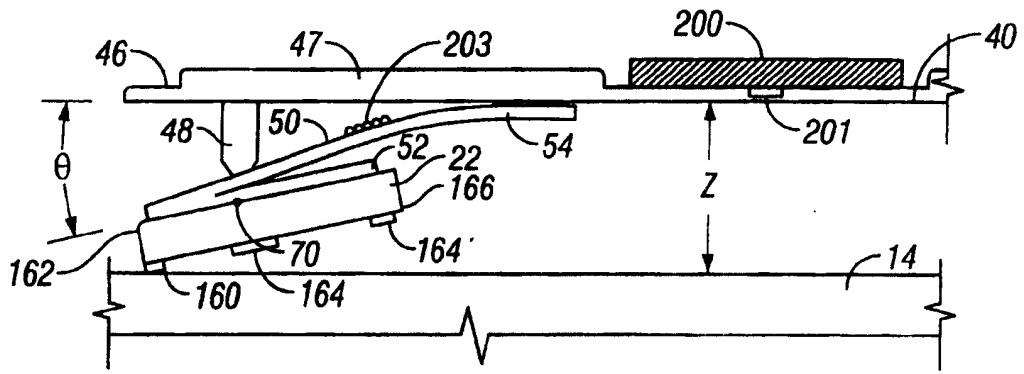


图 8