



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102997938 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201210337195. X

US 7177122 B2, 2007. 02. 13, 全文.

(22) 申请日 2012. 09. 12

US 7961437 B2, 2011. 06. 14, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 王晟哲

13/231, 414 2011. 09. 13 US

(73) 专利权人 希捷科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 D·V·季米特洛夫 宋电

M·W·科温顿

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 毛力

(51) Int. Cl.

G01D 5/12(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6667862 B2, 2003. 12. 23, 说明书第 3 栏第 8-9 段、第 4 栏第 3-5 段以及附图 1、2、4.

CN 1685536 A, 2005. 10. 19, 全文.

CN 101751930 A, 2010. 06. 23, 全文.

CN 1822110 A, 2006. 08. 23, 全文.

US 7333304 B2, 2008. 02. 19, 全文.

EP 0801380 A2, 1997. 10. 15, 全文.

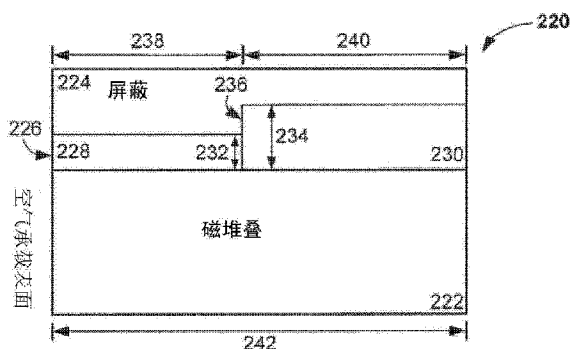
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

用于磁传感器的经调校的分流比

(57) 摘要

各种实施方式可以具有被放置在空气承载表面(ABS)上的数据读取堆叠。该数据读取堆叠可以被放置在第一缓冲层和第二缓冲层之间,其中至少一个缓冲层可以被配置为给数据读取堆叠提供预先确定的分流比。



1. 一种用于磁感测的装置,包括:

数据读取堆叠和缓冲层,均被放置在空气轴承表面上,所述缓冲层包括第一缓冲子层和第二缓冲子层,所述第一缓冲子层沿着所述空气轴承表面上的第一磁屏蔽的均匀厚度区域放置,而所述第二缓冲子层被放置在所述第一磁屏蔽的过渡区域中,所述过渡区域从空气轴承表面处的第一厚度过渡到远离空气轴承表面的更小厚度,所述第一缓冲子层和所述第二缓冲子层被配置为具有不同材料和平行于空气轴承表面测得的不同厚度,从而给所述数据读取堆叠提供预先确定的分流比。

2. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,所述数据读取堆叠被放置在第一磁屏蔽和第二磁屏蔽之间,并且所述缓冲层被设置在所述数据读取堆叠与所述第一磁屏蔽之间。

3. 如权利要求 2 所述的装置,其特征在于,至少一个屏蔽在远离所述空气轴承表面处具有斜切部分。

4. 如权利要求 3 所述的装置,其特征在于,所述斜切部分沿着平行于所述空气轴承表面的轴增加在所述第一磁屏蔽和第二磁屏蔽之间的距离。

5. 如权利要求 3 所述的装置,其特征在于,所述数据读取堆叠是三层元件,所述三层元件具有由非磁间隔层所隔开的多个磁自由层,所述三层元件没有钉扎磁化。

6. 如权利要求 5 所述的装置,其特征在于,永久偏置磁体被放置为在所述第一磁屏蔽和第二磁屏蔽之间接近所述斜切部分和在远离所述空气轴承表面处。

7. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,所述第二缓冲子层具有平行于空气轴承表面测得的沿着所述数据读取堆叠的条带高度而持续变化的厚度,所述数据读取堆叠的所述条带高度是垂直于空气轴承表面测得的。

8. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,至少一个缓冲子层是隔离材料。

9. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,所述预先确定的分流比选自预先确定的范围。

10. 如权利要求 9 所述的装置,其特征在于,所述预先确定的范围是在 0.35 和 0.75 之间。

11. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,至少一个缓冲子层具有比所述数据读取堆叠更大的电阻率。

12. 一种用于磁感测的方法,包括将数据读取堆叠和缓冲层部署在空气轴承表面上,且将所述缓冲层配置为具有第一和第二缓冲子层,所述第一缓冲子层沿着所述空气轴承表面上的磁屏蔽的均匀厚度区域放置,而所述第二缓冲子层被放置在所述磁屏蔽的过渡区域中,所述过渡区域从空气轴承表面处的第一厚度过渡到远离空气轴承表面的更小厚度,所述第一缓冲子层和所述第二缓冲子层具有不同材料和平行于空气轴承表面测得的不同厚度,从而给所述数据读取堆叠提供预先确定的分流比。

13. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,所述预先确定的分流比增加所述数据读取堆叠中的数据回读幅度。

14. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,通过优化至少一个缓冲子层的子层厚度和子层电导率来调校所述预先确定的分流比。

15. 一种传感器,包括被放置在空气轴承表面上的第一缓冲层和第二缓冲层之间的数据读取堆叠,所述缓冲层每一个都被配置为具有第一缓冲子层和第二缓冲子层,所述第一

缓冲子层沿着所述空气轴承表面上的磁屏蔽的均匀厚度区域放置,而所述第二缓冲子层被放置在所述磁屏蔽的过渡区域中,所述过渡区域从空气轴承表面处的第一厚度过渡到远离空气轴承表面的更小厚度,所述第一缓冲子层和所述第二缓冲子层具有不同材料、不同电导率和平行于空气轴承表面测得的不同厚度,从而给所述数据读取堆叠提供预先确定的分流比。

16. 如权利要求 15 所述的传感器,其特征在于,所述第一缓冲子层和第二缓冲子层分别接触相邻近的磁屏蔽的均匀厚度区域和过渡区域,所述均匀厚度区域接近所述空气轴承表面,而所述过渡区域远离所述空气轴承表面并与所述空气轴承表面分离。

17. 如权利要求 16 所述的传感器,其特征在于,所述第一缓冲子层具有小于所述第二缓冲子层的第二厚度的第一厚度。

18. 如权利要求 16 所述的传感器,其特征在于,所述第一缓冲子层具有大于所述第二缓冲子层的第二厚度的第一厚度。

19. 如权利要求 16 所述的传感器,其特征在于,所述第一缓冲子层具有比所述第二缓冲子层更高的电导率。

20. 如权利要求 16 所述的传感器,其特征在于,所述第一缓冲子层是钎且所述第二缓冲子层是氧化钽。

用于磁传感器的经调校的分流比

发明内容

[0001] 数据读取堆叠可以被放置在空气承载表面(ABS)上。该数据读取堆叠可以被放置在第一缓冲层和第二缓冲层之间,其中至少一个缓冲层被配置为给数据读取堆叠提供预先确定的分流比。

附图说明

[0002] 图 1 是示例数据存储设备的透视图。

[0003] 图 2 示出能够在各种实施方式中使用的示例磁传感器。

[0004] 图 3A& 图 3B 显示一部分示例磁传感器以及磁传感器的示例操作行为的图表。

[0005] 图 4 绘出与磁传感器的各种实施方式相关联的示例操作数据。

[0006] 图 5 画出与磁传感器的各种实施方式中所使用的各种材料成分相对应的操作数据。

[0007] 图 6A- 图 6C 显示根据本发明的各种实施方式的示例磁传感器配置。

[0008] 图 7 提供根据本发明的各种实施方式所执行的传感器制造例程的流程图。

具体实施方式

[0009] 在本公开内容中一般地描述了增强的磁传感器,尤其是经屏蔽的磁传感器中的分流比的优化。随着对更大的数据容量和更快的数据传输率的产业需求的增加,诸如读取元件和屏蔽等的各种数据存储组件的外形尺寸减小了。读取元件的空间的量的减少可以使得磁屏蔽的大小和在那些屏蔽之间的可用空间最小化。

[0010] 借助于具有没有钉扎磁化的双磁自由层的三层读取元件,在屏蔽之间的更小空间可以对应于更为不有效的偏置磁体。偏置磁体强度的减少可以导致读取元件的更大磁不稳定性以及降级的数据感测。各种减少的外形尺寸的屏蔽设计可以容纳偏置磁体,但会经受通过在回读传感器的后面(磁不响应的)部分的不期望的分流电流的寄生分流和减少的信号幅度。

[0011] 因此,通过对读取元件、偏置磁体和磁屏蔽之间的接触面进行调校来限制电流通过读取器的接近空气承载表面(ABS)的部分,可以将磁传感器构建为具有经优化的分流比,并且增强传感器性能。这样的经优化的分流比可以减少或消除读取元件的各部分中的不期望的分流效果,并进而改善磁传感器的信号幅度和磁稳定性。

[0012] 转到附图,图 1 提供了在非限制性环境中的数据存储设备 100 的实施方式,其中在非限制性环境中可实现本发明的各种实施方式。设备 100 包括从底板 104 和顶盖 106 形成的充分密封的机壳 102。内部放置的主轴马达 108 被配置为旋转许多磁存储介质 110。介质 110 由相应的数据换能器(读/写头)阵列来读取,每一个数据换能器均由磁头万向节组件(HGA) 112 来支撑。

[0013] 每一 HGA 112 可以由包括柔性悬挂 116 的头堆叠组件 114 (“传动器”)来支撑,柔性悬挂 116 又由刚性传动器臂 118 来支撑。通过将电流施加到语音线圈马达(VCM)122,传

动器 114 可以绕匣式轴承组件 120 枢转。以此方式, VCM 122 的受控操作引起换能器(在 124 用数字指示)与在介质表面定义的磁轨(未示出)相对准, 以向其存储数据或从其检取数据。

[0014] 图 2 一般地阐释了能够用于图 1 中的数据存储服务中的磁传感器 130 的实施方式的剖视图。如所示出的, 可以将传感器构建为具有磁感知堆叠 132, 磁感知堆叠 132 被放置在第一磁屏蔽 134 和第二磁屏蔽 136 之间。磁堆叠 132 的构造是不受限制的, 且可以是具有磁响应的任何磁定向的任何数量的层的层叠。一种这样的构造具有被放置在双磁自由层 140 之间的非磁间隔层 138, 双磁自由层 140 每一个都被耦合到缓冲层 142, 缓冲层 142 可以是各种不同的材料, 例如帽层和籽晶层。

[0015] 由于仅存在磁自由层 140 而没有具有固定磁化的钉扎(或 / 和参考)层, 堆叠 132 通常被描述为三层读取器, 这是由于存在三个层且堆叠 132 中缺乏任何钉扎磁化, 这隐含地忽略了籽晶层和帽层。为了允许跨越空气承载表面(ABS) 148 从堆叠 132 感知在数据存储介质 146 上编程的数据比特 144, 永磁体 150 可以被放置为邻近堆叠 132, 与接触 ABS 148 的部分相对。即是说, 自由层 140 被永磁体 150 偏置, 以提供精确的磁定向感知, 永磁体 150 由数据比特 144 的出现而被克服。

[0016] 偏置磁体 150 可以被配置为具有各种不同的材料成分和尺寸, 以便调校磁堆叠 132 的性能。如所显示的, 可以成型第一屏蔽 136 和第二屏蔽 138, 以便在后边缘处的屏蔽之间提供增加的间隔 152 而不增加在 ABS 处沿着 Y 轴的传感器厚度, 并提供穿过堆叠 132 的自由层 140 的增强的磁通量渗透。

[0017] 这样的性能改善不限于图 2 中所示出的配置, 这是由于每一屏蔽 136 和 138 的斜切部分 156 可以是单独地或共同地被设计为具有锥形的、曲线的和正交的过渡区域 158, 该锥形的、曲线的和正交的过渡区域 158 减少了屏蔽 136 和屏蔽 138 在远离 ABS 148 处的厚度。类似地, 斜切部分 156 可以部分地或完全地填充有呈现磁性和非磁性的单个层或多层层叠。然而, 增加一个或多个斜切区域 156 可对应于最小化通过磁堆叠 132 的寄生分流以及增强数据读信号幅度, 这是由于电流被更有效地浓缩在磁化旋转最大的 ABS 区域 148 中。

[0018] 图 3A 和图 3B 一般地阐释了示例磁传感器 160 的一部分的剖视图和相应的操作图表 162。磁传感器 160 具有磁堆叠 164, 磁堆叠 164 被放置在 ABS 上且与磁屏蔽 166 间隔开预先确定的屏蔽距离 168 并离开后偏置磁体 170 预先确定的偏置距离 172。磁屏蔽 166 具有过渡区域 174, 过渡区域 174 被成型为与 ABS 相平行的线性表面, 过渡区域 174 将屏蔽 166 从 ABS 处的第一厚度 176 变换到远离 ABS 且接近偏置磁体 170 处的第二厚度 178。

[0019] 过渡区域 174 的配置可以在堆叠 164 和屏蔽 166 的各部分之间提供预先确定的斜面距离 180, 斜面距离 180 可以对应于分流长度 182, 分流长度 182 可以有效地转换成可忽略的回读响应, 这是由于堆叠 164 的磁化旋转被限制在传感器部分 184。即是说, 通过将电流收缩到传感器部分 184, 过渡区域 174 的位置和配置可以调校由沿着堆叠 164 的分流区域 186 的指数电流所引起的通过堆叠 164 的电流响应。

[0020] 这样的电流收缩可以减少通过远离 ABS 的堆叠 164 的寄生分流, 这可以使得与在偏置磁体 170 附近的不期望分流相关的信号幅度损耗最小化。由分流部分 186 收缩到传感器部分 184 的电流的量可以被表达为收缩率(CC), 其中值 1 没有通过过渡区域 174 且值 0 具有均匀电流沿着 X 轴通过堆叠 164。

[0021] 尽管 CC 可以影响电流行为, 但操作性的电流收缩可以是可受磁堆叠 164 的条带高

度 188 所影响的盒状逼近。长的条带高度,即大于图 2 的屏蔽到屏蔽间距 152 的 4 倍,可以操作为仿佛传感器部分 184 和分流部分 186 并行连接一样,且构成的传感器 184 和分流部分 186 的阻抗由分流比来表征。

[0022] 通过改变过渡区域 174 的配置和定向,可以调节堆叠 164 的传感器 184 和分流部分 182,因为磁屏蔽 166 的斜切区域 188 和未斜切的区域 190 通过影响所构建的电流来控制分流比。堆叠 164 的行为的进一步可配置性可以通过优化偏置磁体厚度 192 来调校,偏置磁体厚度 192 对应于磁体距离 194,且可以向堆叠 164 提供更大的偏置磁化。

[0023] 通过将分流比限制在 0 值和 1 值之间,调校堆叠 164 和传感器 160 的性能的各种配置和能力可以允许增强的性能,0 值对应于零回读信号幅度,1 值渐近地达到传感器部分 184 的本征幅度。作为参考,分流比可以由以下的式 1 表示:

$$[0024] \quad \text{分流比} = \frac{R_{\text{分流}}}{R_{\text{传感器}}} \quad (\text{式 1})$$

[0025] 其中 $R_{\text{分流}}$ 是分流部分 186 的阻抗,且 $R_{\text{传感器}}$ 是传感器部分 184 的阻抗。在一些实施方式中,分流比被调校为在预先确定的范围之间,例如在 0.2 和 0.6 之间或者在 0.35 和 0.75 之间。

[0026] 图 4 一般地阐释了根据各种实施方式当调校磁传感器时变化的分流比如何对应于回读信号幅度。实线 200 表示当恒定电流通过传感器时归一化信号幅度与分流比的关系。虚线 202 指示当恒定电压施加到传感器时对应于变化的分流比的归一化信号幅度。

[0027] 如所示出的,当分流比增加时,通过传感器的电流的收缩可以有利地与增加的信号幅度相关。尽管斜切区域和非斜切区域(例如图 3 的区域 190 和区域 192)的调整可以辅助收缩电流并增加分流部分(诸如图 3 的部分 184)的阻抗,但缓冲层(诸如图 2 的缓冲层 142)的改变可以进一步优化数据读取器堆叠的分流部分和传感器部分的大小。

[0028] 图 5 绘出根据各种实施方式构建的带有缓冲层的磁传感器的归一化信号幅度。实线 210 示出了对于具有沿着磁堆叠的条带高度的相对于离开 ABS 的距离而变化的厚度的由钉形成的缓冲层,信号幅度如何表现。作为比较,具有均匀厚度的钉缓冲层具有相对较大的信号幅度,如虚线 212 所显示的。

[0029] 缓冲层的各种配置不限于钉成分,这是由于各种其他材料可以任意用于隔离或用作叠层。实线 214 提供对于具有均匀厚度的 MgO 的示例操作信号幅度。如虚线 216 所示出的,使用诸如钽、 Al_2O_3 、 SiO_2 和 TiO_2 等的氧化材料,可以提供更大的信号幅度,即在远离 ABS 处比 MgO 和钉大 23% 的幅度。

[0030] 具备了通过优化缓冲层构造来调校磁传感器性能的能力,可以为磁堆叠的分流部分和传感器部分实现预先确定的尺寸,该预先确定的尺寸可以对应于增加的分流比和更大的回读信号幅度。还可以通过控制缓冲层具有沿着磁堆叠的条带高度在远离 ABS 处变化的厚度和材料来实现磁传感器的性能和优化。

[0031] 图 6A-图 6C 显示具有各种缓冲层实施方式的示例磁传感器的部分的一般框图表示的横截面视图。图 6A 中示出的磁传感器 220 具有磁堆叠 222,磁堆叠 222 通过缓冲层 226 与磁屏蔽 224 分隔开,缓冲层 226 由第一缓冲子层 228 和第二缓冲子层 230 的组合所组成。缓冲子层 228 和 230 具有与磁屏蔽 224 的过渡区域 236 的位置相对应的各自的独立厚度 232 和 234。即是说,每一缓冲子层 228 和 230 具有沿着磁堆叠的条带高度 242 延伸、与 ABS 正

交且在过渡区域 236 处终止的各自的长度 238 和 240。

[0032] 可以将以上所描述的缓冲层 226 的各种材料配置任意实现为缓冲子层 228 和 230。例如,诸如钨和钽等的单独的或作为层叠的导磁材料可以形成第一缓冲子层 228,同时诸如 MgO 等的高电阻率材料或隔离材料被沉积为第二缓冲子层 230。在其他实施方式中,相同的材料被用于第一缓冲子层 228 和第二缓冲子层 230,但配置有不同的但均匀的厚度 232 和 234,如图 6A 中所示出的。

[0033] 将不同的材料和厚度用于在接近 ABS 和远离 ABS 两者处的各自的子层 228 和 230 的能力允许通过控制关于过渡区域 236 的电流收缩来调校磁堆叠的分流部分和传感器部分 222 的长度来优化分流比。在接近 ABS 处使用较薄的缓冲子层 228 并用第二缓冲子层 230 填充磁屏蔽 224 的斜切区域,提供了图 5 中阐释的信号幅度增强,而无需增加传感器的总体大小或屏蔽到屏蔽的间距。

[0034] 减少厚度的第一缓冲子层 228 可以调校磁堆叠 222 的分流比,但缓冲层 226 并不限定或受限于这样的配置。图 6B 示出带有缓冲层 250 的磁传感器 220,缓冲层 250 具有从 ABS 处的第一厚度 256 减少到远离 ABS 的第二厚度 258 的第一缓冲子层 252 和第二缓冲子层 254。第二子层 254 也环绕锥形过渡区域 260 下方的区域而延伸,这可以得到沿着堆叠 222 的条带高度 242 具有不同的长度的第一缓冲子层 252 和第二缓冲子层 254。

[0035] 缓冲子层的厚度、长度和材料的可变性均允许调校分流比并优化传感器 220 的回读幅度的附加能力。然而,在各缓冲子层厚度之间的可变性不是必须的,如图 6C 的均匀厚度缓冲层 270 所显示的。

[0036] 缓冲层 270 具有第一子层 272 和第二子层 274,第一子层 272 和第二子层 274 可以是相似的或不相似的材料,但具有贯穿磁堆叠 222 的条带高度 242 的相同厚度 276。尽管缓冲层厚度 276 是均匀的且对应于非变化厚度的磁屏蔽 224,但缓冲子层 272 和 274 的长度可以改变,以便调校磁堆叠 222 的分流比。即是说,第一缓冲子层 272 可以具有第一长度 278,该第一长度 278 大于第二缓冲子层 274 的第二长度 280,这可以允许第二子层 274 的材料更远离 ABS 且建立更高的分流比。

[0037] 应注意,可用来调校和优化磁传感器的性能的可调整性不限于特定的配置、生产方法和操作方法。图 7 一般地提供了示例传感器制造例程 300,例程 300 可以用来创建具有预先确定的性能属性的各种传感器结构。

[0038] 最初,例程 300 在判断框 302 中评估磁屏蔽配置。该评估不受限制,且可以分析各种因素,例如厚度、长度、过渡区域位置、过渡区域形状、斜切区域的存在以及斜切区域厚度减少,这可以引起对应于特定的分流比的预先确定的分流部分和传感器部分长度。然后,在框 304,将所选择的屏蔽属性沉积为底部屏蔽,此后在判断框 306 判断是否将第一缓冲层形成在底部屏蔽。

[0039] 如果选择了缓冲层,则判断框 306 去往判断框 308 和判断框 310,且如果没有要形成的缓冲层,则去往框 314。在判断框 308 和判断框 310 中,确定缓冲层的各种不受限制的方面,例如子层的数量、材料、厚度、长度以及是否层叠缓冲层中的一些或全部。在框 312 中,判断框 308 和判断框 310 的判断随后被沉积到屏蔽上。应理解,框 312 可以具有许多子框,各子框接连地进行,以便按框 308 和框 310 中所设计的那样来形成第一缓冲层。

[0040] 不考虑第一缓冲层的存在或配置,该例程进行到框 314,在框 314 中形成磁堆叠,

磁堆叠可以是能够感知数据的任何层堆叠,例如三层。框 314 中磁堆叠的形成使得例程 300 进行到判断框 316,其中评估第二缓冲层的内含物。与判断框 308 和判断框 310 非常相似,判断框 318 和判断框 320 确定第二缓冲层的各种结构方面和操作方面,然后,在框 322 中沉积第二缓冲层的各种结构方面和操作方面。

[0041] 如果在判断框 316 不选择第二缓冲层的情况下,或者是在框 322 中构成第二缓冲层之后,判断框 324 判断顶部屏蔽的配置。类似于判断框 302,判断框 324 可以评估并为顶部屏蔽选择任何数量的特性,以便联合传感器的剩余部分而工作,以优化分流比和回读幅度。即是说,判断框 324 可以被动地评估传感器的先前沉积的层并作为响应判断顶部磁屏蔽的配置。

[0042] 随着通过各种缓冲器和屏蔽层的配置和定向而对磁堆叠进行评估并将其调校为具有增强性能的预先确定的分流比,在框 326 以顶部屏蔽的沉积完成传感器。应明白,可以从例程 300 将多种多样的磁传感器配置构建为带有各种结构特性和操作特性。然而,例程 300 不仅限于图 7 中提供的判决,这是由于可以增加、省略和修改任何数量的框和判断被忽略,以便配合经优化的磁传感器的制造。

[0043] 还应注意的是,在例程 300 中沉积各种层不要求特定的沉积和形成工艺。例如,原子层沉积可以用于一些层,而蒸汽层沉积可以用于其他层。使用各种形成工艺的这样的能力可以允许以改善的制造效率和可靠性来调校磁传感器制造的进一步能力。

[0044] 应明白,在本公开内容中描述的磁传感器的配置和材料特性通过减少不期望的分流来允许增强的数据读取性能。调校各种磁屏蔽和缓冲层以便优化传感器的操作大小和堆叠的分流部分的能力可以提供对应于升高的回读信号幅度的分流比。此外,将多种不同的配置和材料用于磁堆叠、缓冲层和磁屏蔽的能力可以允许传感器性能的精确控制,该传感器性能可以在减少的外形尺寸的数据存储设备的精确容差中操作。另外,尽管各实施方式已经针对磁感知,但应明白,所要求保护的本发明可以容易地用于任何数量的其他应用,包括数据存储设备应用程序。

[0045] 应理解,即使已经在前述的描述中陈述了本发明的各种实施方式的众多特性和配置以及本发明的各种实施方式的结构和功能的细节,但这一具体实施方式仅仅是说明性的,并且,在由表达所附权利要求的术语的宽泛一般意义所指示的完全程度上,可以在本发明的原理内在尤其是关于各部分的结构和布局的细节上做出改变。例如,取决于特定的应用,可以在不偏离本发明的精神和范围的前提下改变特定的元素。

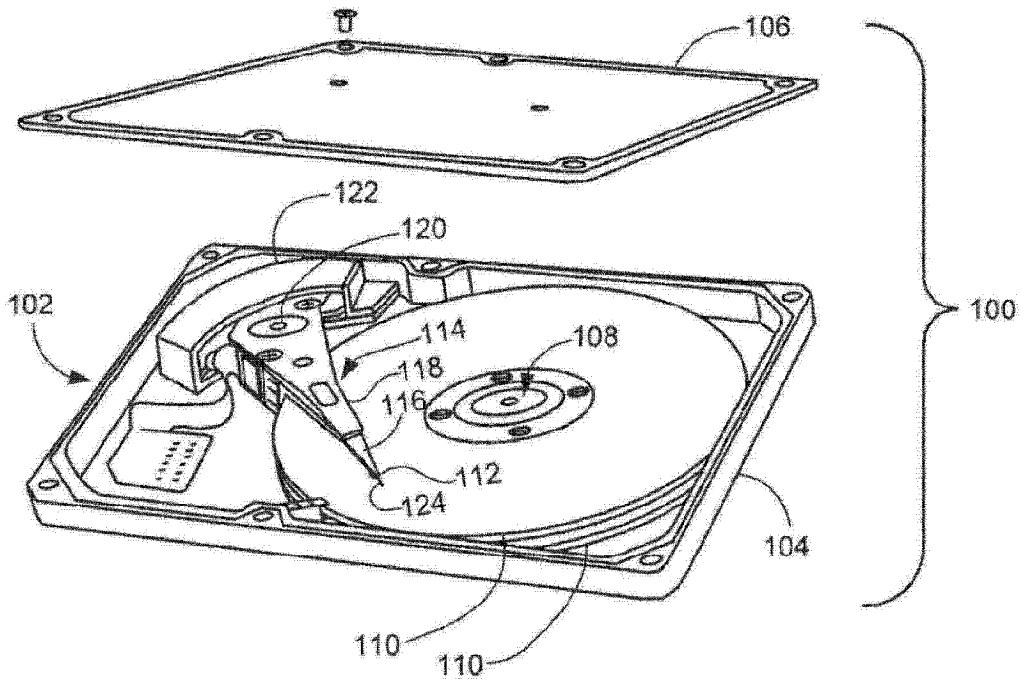


图 1

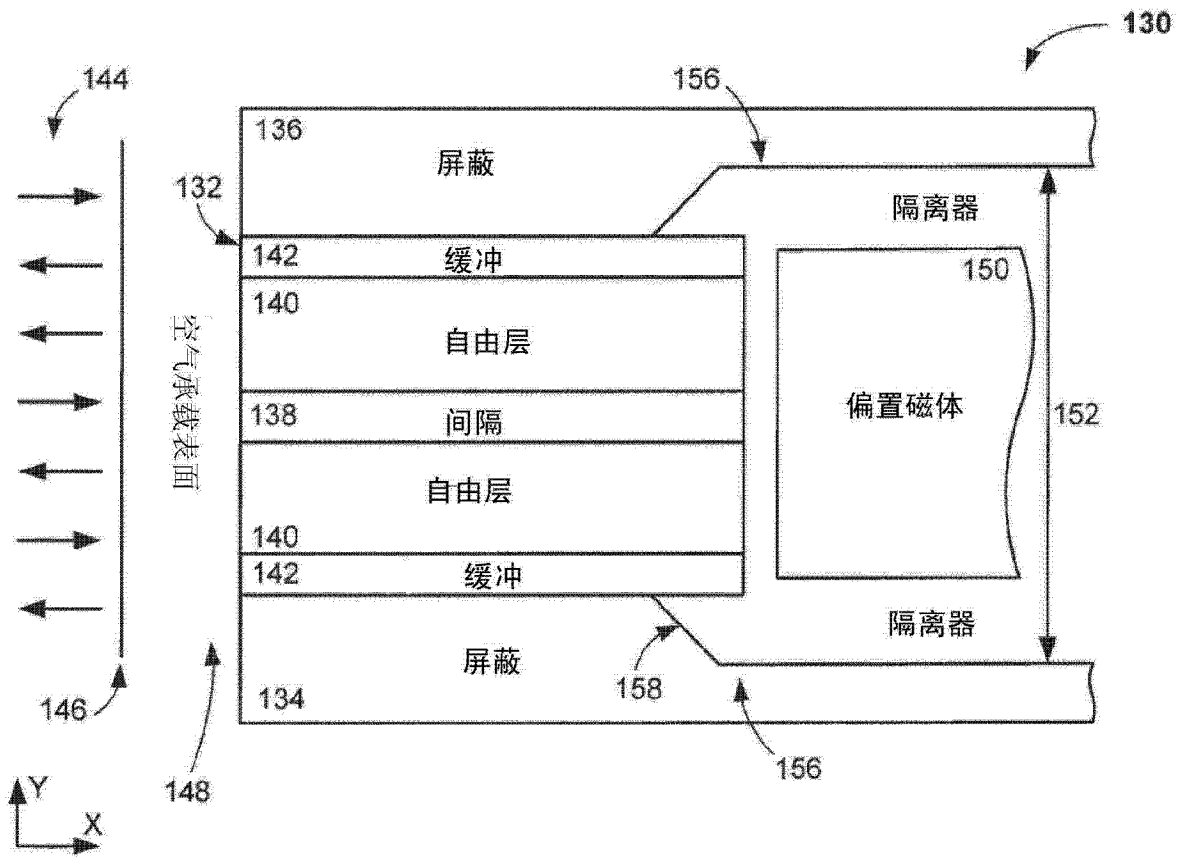


图 2

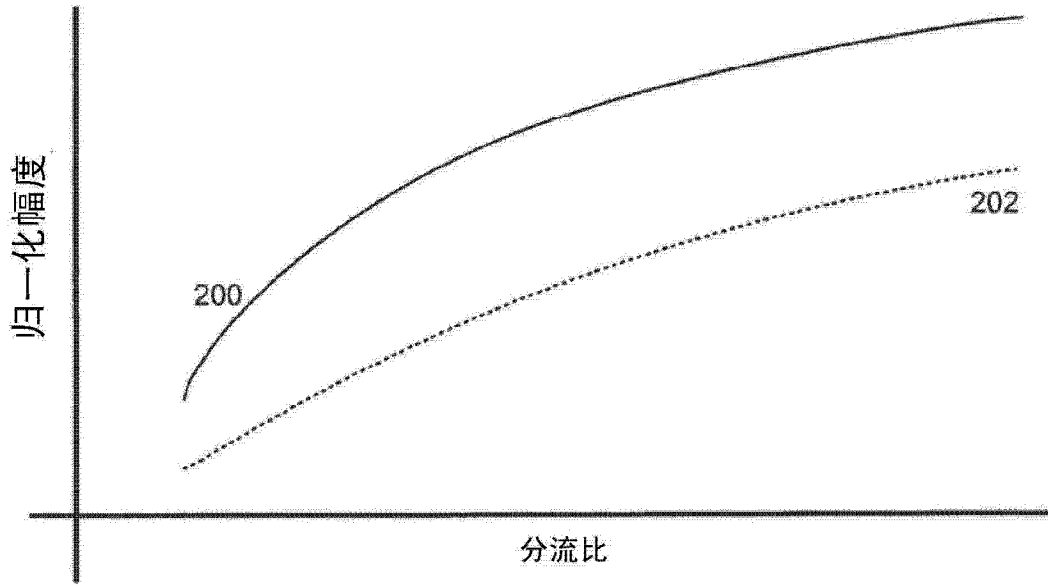


图 4

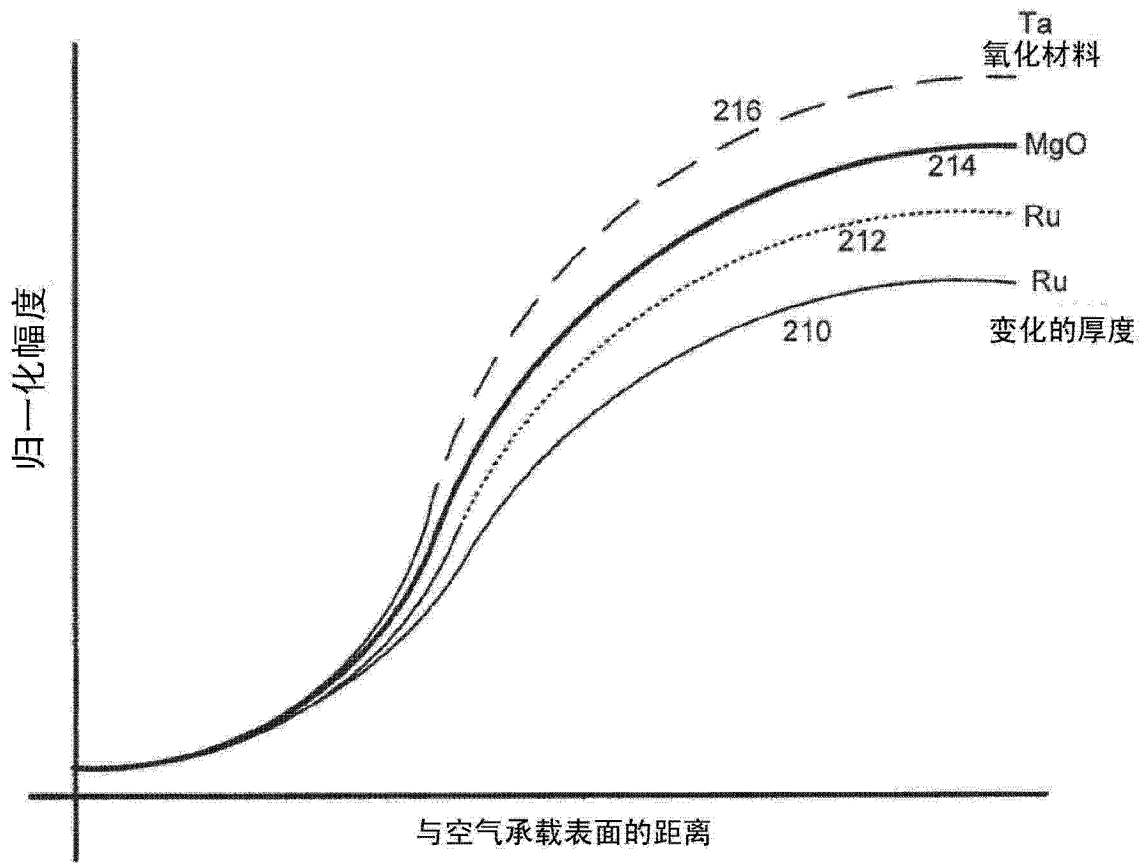


图 5

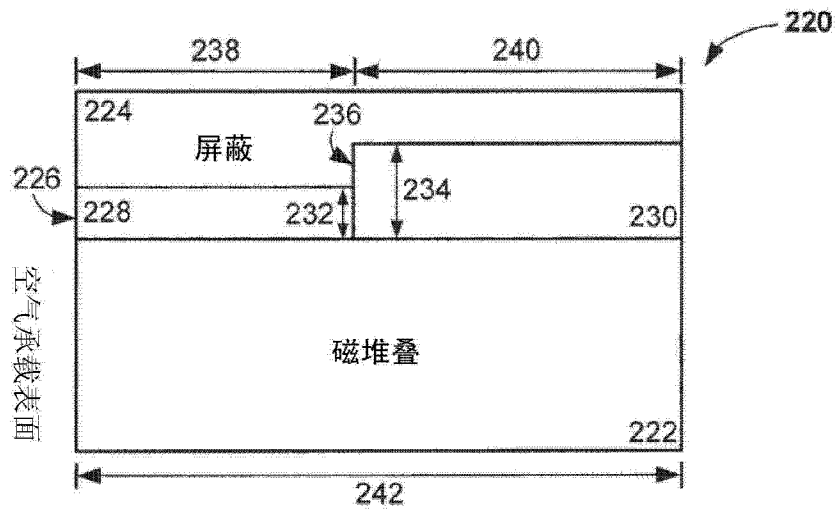


图 6A

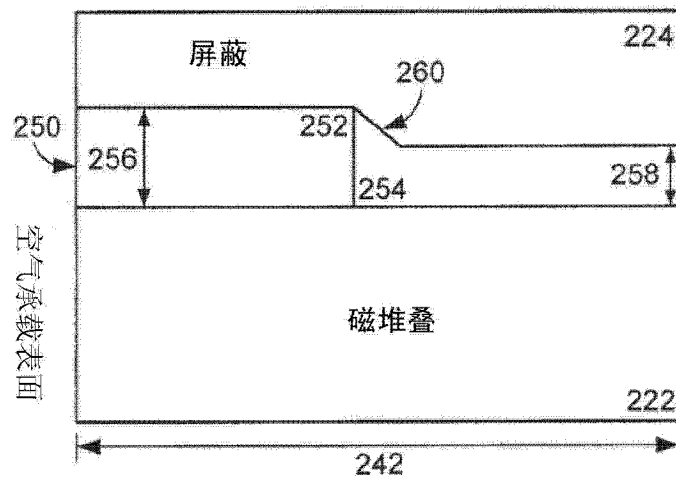


图 6B

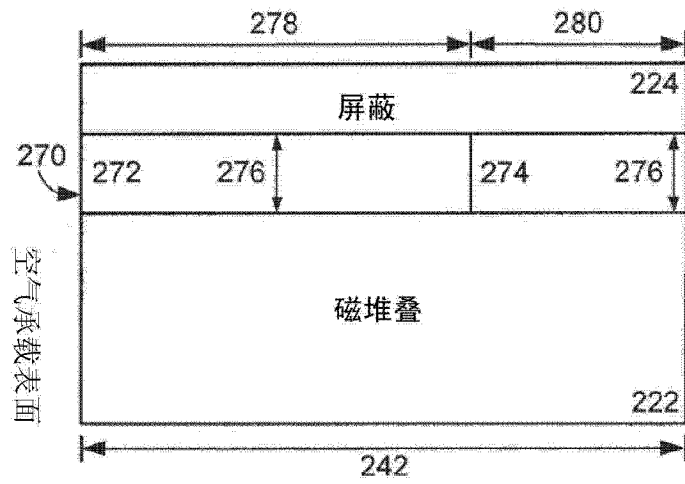


图 6C

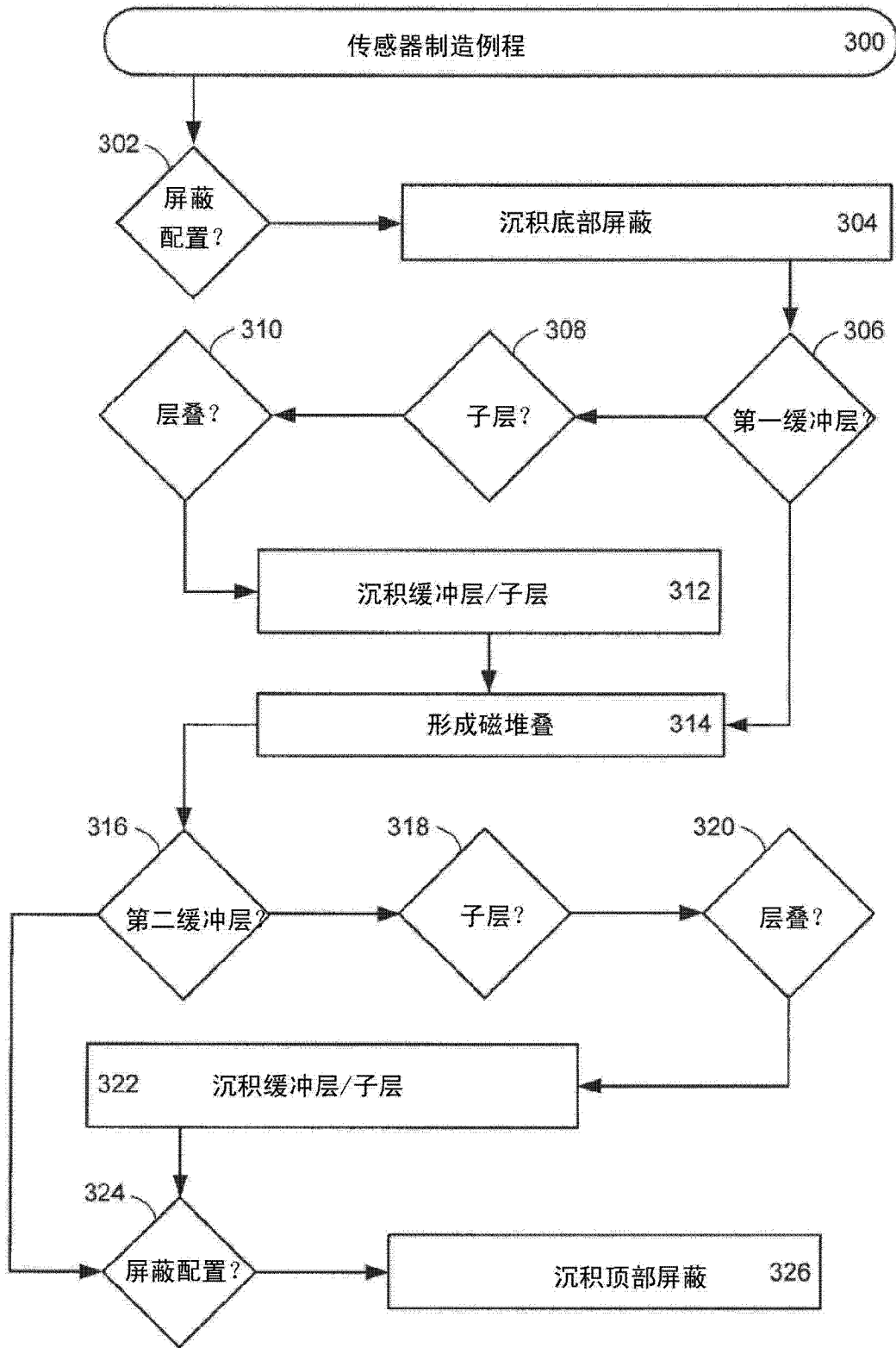


图 7