



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104715763 A

(43) 申请公布日 2015. 06. 17

(21) 申请号 201410679777. 5

(22) 申请日 2014. 11. 24

(30) 优先权数据

14/105,082 2013.12.12 US

(71) 申请人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

(72) 发明人 R · G · 比斯克伯恩 C · S · 罗

(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 11038

代理人 王莉莉

(51) Int. Cl.

G11B 5/127(2006. 01)

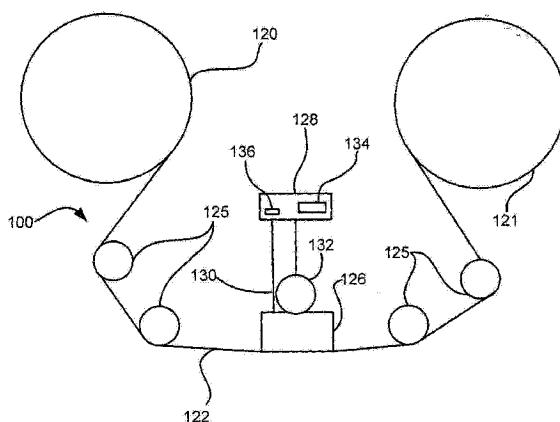
权利要求书2页 说明书16页 附图16页

(54) 发明名称

具有偏移读取器 / 写入器换能器对的准静态  
倾斜头

(57) 摘要

本发明提供具有偏移读取器 / 写入器换能器对的准静态倾斜头。本发明的各方面一般涉及具有换能器阵列的装置，该换能器阵列具有偏移换能器。各种实施例特别适合于用于带尺度不稳定性补偿的倾斜。一些实施例包括给定的阵列中的双伺服读取器。



1. 一种装置，包括：

至少两个模块，模块的每一个具有：换能器的阵列，每一个阵列中的换能器被排布为成对，其中换能器的阵列的轴被限定在换能器的阵列的相对的末端之间，其中换能器的阵列的轴被定向为相对被定向为与带传送的预期方向垂直的线成标称角度，所述标称角度是在 $0.1^\circ$  和大约 $10^\circ$  之间，

其中所述至少两个模块的阵列的轴被定向为彼此大约平行，

其中第一模块的换能器对的每一个的第一换能器在与阵列的轴平行的第一方向上从所述第一模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移，

其中第二模块的换能器对的每一个的第一换能器在与所述第一方向相反的第二方向上从所述第二模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移，

其中当阵列被定向为成所述标称角度时，所述第二模块的换能器对的所述第一换能器与所述第一模块的换能器对的所述第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐，并且所述第一模块的换能器对的所述第一换能器与所述第二模块的换能器对的所述第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐。

2. 根据权利要求 1 所述的装置，其中阵列的所述第一换能器是写入器，其中阵列的所述第二换能器是读取器。

3. 根据权利要求 1 所述的装置，其中每一个阵列还包括至少一对伺服换能器，所述至少一对伺服换能器之间的间隔与阵列中的每一个换能器对中的换能器之间的偏移相等。

4. 根据权利要求 3 所述的装置，其中所述至少一对伺服换能器中的伺服换能器是共面的。

5. 根据权利要求 4 所述的装置，其中所述至少一对伺服换能器中的伺服换能器是沿着阵列的轴与关联的阵列的所述第一换能器大致对齐的。

6. 根据权利要求 3 所述的装置，其中所述至少一对伺服换能器共享共同的纵向偏置材料。

7. 根据权利要求 3 所述的装置，其中所述至少一对伺服换能器共享共同的屏蔽。

8. 根据权利要求 1 所述的装置，还包括用于对模块定向的机构以控制呈现到带的换能器间距。

9. 根据权利要求 8 所述的装置，还包括控制器，所述控制器被配置为基于带的歪斜来控制用于对模块定向的机构。

10. 根据权利要求 1 所述的装置，其中阵列中的每一个换能器对中的换能器之间的偏移至少是 $3 \mu\text{m}$ 。

11. 根据权利要求 1 所述的装置，其中各模块具有大约同样的构造。

12. 根据权利要求 1 所述的装置，还包括：

用于在模块上传递磁介质的驱动机构；以及  
电耦合到模块的控制器。

13. 一种装置，包括：

具有至少两个模块的磁带头，模块的每一个具有换能器的阵列，每一个阵列中的换能器被排布为成对；

用于在模块上传递磁介质的驱动机构；以及

- 电耦合到模块的控制器，  
其中换能器的每一个阵列的轴被限定在换能器的阵列的相对的末端之间，  
其中换能器的每一个阵列的轴被定向为相对被定向为与带传送的预期方向垂直的线成标称角度，所述标称角度是在  $0.1^\circ$  和大约  $10^\circ$  之间，  
其中阵列的轴被定向为彼此大约平行，  
其中第一模块的换能器对的每一个的第一换能器在与阵列的轴平行的第一方向上从所述第一模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移，  
其中第二模块的换能器对的每一个的第一换能器在与所述第一方向相反的第二方向上从所述第二模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移，  
其中当阵列被定向为成所述标称角度时，所述第二模块的换能器对的所述第一换能器与所述第一模块的换能器对的所述第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐，并且所述第一模块的换能器对的所述第一换能器与所述第二模块的换能器对的所述第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐。
14. 根据权利要求 13 所述的装置，其中每一个阵列还包括至少一对伺服换能器，所述至少一对伺服换能器之间的间隔与阵列中的每一个换能器对中的换能器之间的偏移相等。
  15. 根据权利要求 14 所述的装置，其中所述至少一对伺服换能器中的伺服换能器是共面的。
  16. 根据权利要求 15 所述的装置，其中所述至少一对伺服换能器中的伺服换能器是沿着阵列的轴与关联的阵列的所述第一换能器大致对齐的。
  17. 根据权利要求 14 所述的装置，其中所述至少一对伺服换能器共享共同的纵向偏置材料。
  18. 根据权利要求 14 所述的装置，其中所述至少一对伺服换能器共享共同的屏蔽。
  19. 根据权利要求 13 所述的装置，还包括用于对模块定向的机构以控制呈现到带的换能器间距。
  20. 根据权利要求 13 所述的装置，其中各模块具有大约同样的构造，并且来源于相同的晶片。

## 具有偏移读取器 / 写入器换能器对的准静态倾斜头

### 技术领域

[0001] 本发明涉及数据存储系统,而更特别地,本发明涉及具有偏移读取器 / 写入器换能器对的阵列的模块,该偏移读取器 / 写入器换能器对选择性地相对磁介质可倾斜,从而能够具有同时读写的能力。

### 背景技术

[0002] 在磁存储系统中,利用磁换能器从磁记录介质读取数据以及将数据写入磁记录介质。通过将磁记录换能器移动到磁记录介质上将要存储数据的位置,数据被写入磁记录介质。然后,磁记录换能器产生将数据编码到磁介质中的磁场。通过类似地定位磁读换能器然后感测磁介质的磁场,数据从介质被读取。读和写操作可以独立地与介质的移动同步,以确保可以从介质上的期望位置读取数据和将数据写到介质上的期望位置。

[0003] 数据存储产业中的重要和持续的目标是增加存储于介质中的数据的密度。对于带存储系统,该目标已经导向增加记录带上的轨道和线性比特密度,以及降低磁带介质的厚度。然而,小型化、更高性能的带驱动系统的发展已经引起了在设计这样的系统中所使用的带头装配方面的各种问题。

[0004] 在带驱动系统中,磁带以高速在带头的表面上移动。通常,带头被设计为最小化头和带之间的间隔。磁头和磁带之间的间隔是至关重要的,因此这些系统的目标是使换能器(即磁记录通量的源)的记录间隙与带近接触以产生写锐转变(writing sharp transition)的效果,并且使读元件与带近接触以提供从带到读元件的磁场的有效耦合。

[0005] 通过增加带上的数据轨道的数量,存储于磁带上的数据量可以增加。通过减小读取器和写入器的特征尺寸,例如通过使用薄膜制造技术和MR传感器,使得更多轨道成为可能。然而,由于各种原因,读取器和写入器的特征尺寸不能被任意地减小,因此,诸如侧向带运动瞬变(transient)以及带侧向膨胀和收缩(例如垂直于带传送的方向)的因素必须与提供可接受的写轨道和读回信号的读取器 / 写入器的尺寸进行平衡。限制面密度的一个问题是由于带侧向膨胀和收缩导致的配准不良(misregistration)。因为由湿度、带张力、温度、老化等的变化所导致的膨胀和收缩,带宽度可能的改变高达大约0.1%。这经常被称为带尺度不稳定性(TDI)。

[0006] 如果带在一种环境中被写入,然后在另一种环境中被读回,则TDI可能阻止带上的轨道的间隔与读回期间的读元件的间隔精确地匹配。在现有的产品中,由于TDI而产生的轨道间隔的变化与写入轨道的尺寸相比很小,并且是设计产品时考虑的跟踪预算(tracking budget)的一部分。由于带容量随着时间增加,轨道变得更小并且TDI变为跟踪预算的不断变大的部分,这是增长面密度的限制因素。

### 发明内容

[0007] 根据一个实施例的装置包括至少两个模块,模块的每一个具有:换能器的阵列,每一个阵列中的换能器被排布为成对,其中换能器的阵列的轴被限定在换能器的相对的末端

之间。换能器的阵列的轴被定向为相对被定向为与带传送的预期方向垂直的线成标称角度,该标称角度是在 0.1° 和大约 10° 之间。至少两个模块的阵列的轴被定向为彼此大约平行。第一模块的换能器对的每一个的第一换能器在与阵列的轴平行的第一方向上从第一模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移。第二模块的换能器对的每一个的第一换能器在与第一方向相反的第二方向上从第二模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移。当阵列被定向为成标称角度时,第二模块的换能器对的第一换能器与第一模块的换能器对的第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐,并且第一模块的换能器对的第一换能器与第二模块的换能器对的第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐。

[0008] 根据另一个实施例的装置包括具有至少两个模块的磁带头,模块的每一个具有换能器的阵列,每一个阵列中的换能器被排布为成对。也包括用于在模块上传递磁介质的驱动机构,以及电耦合到模块的控制器。换能器的每一个阵列的轴被限定在换能器的相对的末端之间。换能器的每一个阵列的轴被定向为相对被定向为与带传送的预期方向垂直的线成标称角度,该标称角度是在 0.1° 和大约 10° 之间。阵列的轴被定向为彼此大约平行。第一模块的换能器对的每一个的第一换能器在与阵列的轴平行的第一方向上从第一模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移。第二模块的换能器对的每一个的第一换能器在与第一方向相反的第二方向上从第二模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移。当阵列被定向为成标称角度时,第二模块的换能器对的第一换能器与第一模块的换能器对的第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐,并且第一模块的换能器对的第一换能器与第二模块的换能器对的第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐。

[0009] 这些实施例的任何一个可以在诸如带驱动系统的磁数据存储系统中实现,该带驱动系统可以包括磁头、用于在磁头上传递磁介质(例如记录带)的驱动机构以及电耦合到磁头的控制器。

[0010] 根据下文的详细描述,通过示例发明的原理来并与附图结合地说明,本发明的其他方面和实施例将变得清楚。

## 附图说明

- [0011] 图 1A 是根据一个实施例的简化的带驱动系统的示意性图。
- [0012] 图 1B 是根据一个实施例的带盒的示意性图。
- [0013] 图 2 说明根据一个实施例的平缠绕(flat-lapped)、双向、两模块磁带头的侧视图。
- [0014] 图 2A 是取自图 2 的线 2A 的带支承面视图。
- [0015] 图 2B 是取自图 2A 的圆 2B 的详细视图。
- [0016] 图 2C 是模块对的部分带支承面的详细视图。
- [0017] 图 3 是具有写 - 读 - 写结构的磁头的部分带支承面视图。
- [0018] 图 4 是具有读 - 写 - 读结构的磁头的部分带支承面视图。
- [0019] 图 5 是根据一个实施例的具有三个模块的磁带头的侧视图,其中各模块一般都处于沿着大约平行的平面的位置。
- [0020] 图 6 是具有相切的(成角度的)结构的三个模块的磁带头的侧视图。
- [0021] 图 7 是具有上缠绕(overwrap)结构的三个模块的磁带头的侧视图。

- [0022] 图 8A-8C 是根据一个实施例的磁带头的一个模块的部分俯视图。
- [0023] 图 9A-9C 是根据一个实施例的磁带头的一个模块的部分俯视图。
- [0024] 图 10A 是根据一个实施例的具有两个模块的装置的部分俯视图。
- [0025] 图 10B 是图 10A 示出的实施例的、取自内侧圆 10B 的详细视图。
- [0026] 图 10C 是图 10A 示出的实施例的、取自内侧圆 10B 的详细视图。
- [0027] 图 10D 是具有图 10A 的装置的系统的框图。
- [0028] 图 10E 是根据一个实施例的具有两个模块的装置的部分俯视图。
- [0029] 图 10F 是根据一个实施例的具有多组模块的系统的部分俯视图
- [0030] 图 11A 是根据一个实施例的伺服读取器换能器对的部分侧视图。
- [0031] 图 11B 是根据一个实施例的伺服读取器换能器对的部分侧视图。
- [0032] 图 12 是根据一个实施例的具有伺服换能器对的系统的部分俯视图。

## 具体实施方式

[0033] 下文的描述是为了说明本发明的一般原理而做出的，而不是意图限制本文要求保护的发明构思。另外，本文描述的特定特征可以与其他描述的特征组合使用于各种可能的组合和变换的每一种。

[0034] 除非在本文中具体限定，所有术语将被给予它们的最广泛可能的解释，包括从说明书隐含的意思以及本领域技术人员理解的意思和 / 或字典、论文等中限定的意思。

[0035] 也必须注意的是，除非另有说明，如说明书和权利要求书中使用的单数形式包括多个指示对象。

[0036] 下文的描述公开了具有偏移读取器 / 写入器换能器对的阵列的磁存储系统的几个优选实施例及其操作和 / 或组成部分。在本文的各种实施例中，读取器 / 写入器换能器对的阵列可以包含读取器 / 写入器换能器对的每一个的换能器之间沿着阵列的轴的偏移。另外，如将在下文中进一步详细讨论的，偏移读取器 / 写入器换能器对可以是选择性地可倾斜的，从而使得不管被写入和 / 或使数据从中读取的带的尺度和 / 或定向的潜在的变化如何，都具备同时读写的能力。

[0037] 在一个一般实施例中，一种装置包括至少两个模块，模块的每一个具有：换能器阵列，每一个阵列中的换能器被排布为成对，其中换能器的阵列的轴被限定在换能器的阵列的相对的末端之间。换能器的阵列的轴被定向为相对被定向为与带传送的预期方向垂直的线成标称角度，该标称角度是在 0.1° 和大约 10° 之间。至少两个模块的阵列的轴被定向为彼此大约平行。第一模块的换能器对的每一个的第一换能器在与阵列的轴平行的第一方向上从第一模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移。第二模块的换能器对的每一个的第一换能器在与第一方向相反的第二方向上从第二模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移。当阵列被定向为成标称角度时，第二模块的换能器对的第一换能器与第一模块的换能器对的第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐，并且第一模块的换能器对的第一换能器与第二模块的换能器对的第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐。

[0038] 在另一个一般实施例中，一种装置包括具有至少两个模块的磁带头，模块的每一个具有换能器的阵列，每一个阵列中的换能器被排布为成对。也包括用于在模块上传递磁介质的驱动机构，以及电耦合到模块的控制器。换能器的每一个阵列的轴被限定在换能器

的阵列的相对的末端之间。换能器的每一个阵列的轴被定向为相对被定向为与带传送的预期方向垂直的线成标称角度，该标称角度是在  $0.1^\circ$  和大约  $10^\circ$  之间。阵列的轴被定向为彼此大约平行。第一模块的换能器对的每一个的第一换能器在与阵列的轴平行的第一方向上从第一模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移。第二模块的换能器对的每一个的第一换能器在与第一方向相反的第二方向上从第二模块的换能器对的每一个的第二换能器偏移。当阵列被定向为成标称角度时，第二模块的换能器对的第一换能器与第一模块的换能器对的第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐，并且第一模块的换能器对的第一换能器与第二模块的换能器对的第二换能器在带传送的预期方向上大约对齐。

[0039] 图 1A 说明基于带的数据存储系统的简化的带驱动器 100，基于带的数据存储系统可以在本发明的背景下被利用。虽然带驱动器的一个具体的实现在图 1A 中示出，但是应当注意的是，本文描述的实施例可以在带驱动系统的任何类型的背景下实现。

[0040] 如示出的，带供应盒 120 和收带盘 121 被提供以支撑带 122。一个或更多盘可以组成可移除的盒的一部分，并且不必是系统 100 的一部分。诸如图 1A 中说明的带驱动器还可以包括驱动带供应盒 120 和收带盘 121 的驱动马达，以在任何类型的带头 126 上移动带 122。这样的头可以包括读取器、写入器或该两者的阵列。

[0041] 引导器 125 引导带 122 越过带头 126。这样的带头 126 又经由线缆 130 耦合到控制器 128。控制器 128 可以是或者可以包括用于控制驱动器 100 的任何子系统的处理器和 / 或任何逻辑。例如，控制器 128 典型地控制头功能，例如伺服跟随、写数据、读数据等。控制器 128 可以在本领域中已知的逻辑以及本文公开的逻辑下操作。控制器 128 可以耦合到可以存储由控制器 128 可执行的指令的任何已知类型的存储器 136。另外，控制器 128 可以被配置和 / 或可编程以执行或控制一些或所有本文呈现的方法。因此，控制器可以被考虑而被配置为通过被编程到芯片的逻辑、软件、固件或对处理器可用的其他指令等以及它们的组合来执行各种操作。

[0042] 线缆 130 可以包括读 / 写电路以向头 126 发射将被记录于带 122 的数据，并且接收由头 126 从带 122 读取的数据。制动器 132 控制头 126 相对带 122 的位置。

[0043] 如都将被本领域技术人员理解的，接口 134 也可以被提供用于在带驱动器 100 和主机（组成的或外部的）之间进行通信以传送和接收数据，以及用于控制带驱动器 100 的操作和向主机发送带驱动器 100 的状态。

[0044] 图 1B 说明根据一个实施例的示例性带盒 150。这样的带盒 150 可以与例如图 1A 中示出的系统一起使用。如示出的，带盒 150 包括壳体 152、壳体 152 中的带 122 以及耦合到壳体 152 的非易失的存储器 156。在一些实施例中，如图 1B 所示，非易失的存储器 156 可以被嵌入壳体 152 内侧。在更多实施例中，非易失的存储器 156 可以被附于壳体 152 的内侧或外侧，而不变更壳体 152。例如，非易失的存储器可以被嵌入自粘标签 154。在一个优选实施例中，非易失的存储器 156 可以是嵌入或耦合到带盒 150 的内侧或外侧的闪速存储器设备、ROM 设备等。非易失的存储器可以通过带驱动器和带操作软件（驱动器软件）和 / 或其他设备访问。

[0045] 通过例子，图 2 说明可以在本发明的背景下实现的平缠绕、双向、两模块磁带头 200 的侧视图。如示出的，头包括一对底座 202，每一个被装备了模块 204，并且关于彼此成小角度  $\alpha$  地固定。底座可以是胶粘地耦合在一起的“U 型梁 (U-beam)”。每一个模块 204

包括基板 204A 和具有薄膜部分的封闭物 (closure) 204B, 该薄膜部分通常被称为“间隙”, 读取器和 / 或写入器 206 在该间隙中形成。在使用中, 带 208 以示出的方式沿着介质 (带) 支承面 209 在模块 204 上移动, 以便使用读取器和写入器来在带 208 上读和写数据。带 208 在进入和退出平的介质支撑面 209 的边沿处的缠绕角 (wrap angle)  $\theta$  通常在大约 0.1 度和大约 3 度之间。

[0046] 基板 204A 典型地由耐磨的材料 (例如陶瓷) 构成。封闭物 204B 由与基板 204A 相同的或类似的陶瓷制成。

[0047] 读取器和写入器可以被排布为背负的或融合的结构。说明性的背负的结构包括在 (磁屏蔽的) 读取器换能器 (例如磁阻式读取器等) 的上方 (或下方) 的 (磁导的) 写入器换能器, 其中写入器的极和读取器的屏蔽一般是分离的。说明性的融合的结构包括与一个写入器极在相同的物理层中的一个读取器屏蔽 (从而“融合”)。读取器和写入器也可以被排布为交错结构。替代地, 通道 (channel) 的每一个阵列可以仅仅是读取器或写入器。这些阵列的任何一个可以包含用于读取介质上的伺服数据的一个或多个伺服轨道读取器。

[0048] 图 2A 说明取自图 2 的线 2A 的模块 204 的一个的带支承面 209。表示性的带 208 以短划线示出。模块 204 优选地足够长以能够在头在数据带之间行走时支撑带。

[0049] 在这个例子中, 带 208 包括 4 至 22 个数据带, 例如图 2A 所示在半英寸宽的带 208 上具有 8 个数据带和 9 个伺服轨道 210。数据带被限定在伺服轨道 210 之间。每一个数据带可以包括许多数据轨道, 例如 1024 个数据轨道 (未示出)。在读 / 写操作期间, 读取器和 / 或写入器 206 被定位到数据带的一个内的具体的轨道位置。外部读取器 (有时称为伺服读取器) 读伺服轨道 210。伺服信号又被用来在读 / 写操作期间保持读取器和 / 或写入器 206 与特定组的轨道对齐。

[0050] 图 2B 描绘在图 2A 的圆 2B 中的模块 204 的间隙 218 中形成的多个读取器和 / 或写入器 206。如示出的, 读取器和写入器 206 的阵列包括例如: 16 个写入器 214、16 个读取器 216 以及两个伺服读取器 212, 但是元件的数量可以改变。说明性的实施例包括每个阵列具有 8、16、32、40 以及 64 个活动的读取器和 / 或写入器 206, 和替代地具有奇数数量的读取器或写入器 (例如 17、25、33 等) 的交错的设计。说明性的实施例包括每个阵列具有 32 个读取器和 / 或每个阵列具有 32 个写入器, 其中换能器元件的实际数量可以更大, 例如 33、34 等。这允许带更慢地传送从而减小速度引发的跟踪和机械困难, 和 / 或执行更少的“缠绕”以填充或读带。

[0051] 虽然读取器和写入器可以被排布为如图 2B 所示的背负的结构, 但是读取器 216 和写入器 214 也可以被排布为交错的结构。替代地, 读取器和 / 或写入器 206 的每一个阵列可以仅仅是读取器或写入器, 并且阵列可以包含一个或多个伺服读取器 212。如通过一起考虑图 2 和图 2A-2B 而注意到的, 每一个模块 204 可以包括用于例如双向读和写、同时读写能力、向后兼容等的读取器和 / 或写入器 206 的补充组。

[0052] 图 2C 示出根据一个实施例的磁带头 200 的补充模块的部分带支承面视图。在这个实施例中, 每一个模块具有在普通基板 204A 上形成的背负结构中的多个读 / 写 (R/W) 对 222, 以及可选的电绝缘层 236。虽然写入器 (由写换能器 214 例示) 和读取器 (由读换能器 216 例示) 示出为与带介质上的传送的预期方向平行地排列, 但是如将在下文中详细讨论的 (例如参见图 10A-10B), 根据其他实施例, R/W 对 222 的每一个的写换能器 214 和读换

能器 216 可以在其沉积的平面中偏移。

[0053] 应当注意的是,带传送的预期方向有时在本文中被称为带传送的方向,并且这样的术语可以相互替换地使用。这样的带传送的方向可以从系统的设计中推断出,例如通过检查引导器、观测带传送相对参考点的实际方向等。另外,在可操作用于双向读和 / 或写的系统中,在两个方向上的带传送的方向典型的是平行的,从而两个方向可以被考虑为彼此等效。

[0054] 几个 R/W 对 222 可以存在,例如 8、16、32 对等。示出的 R/W 对 222 在一般地与带传送的方向垂直的方向上线性地排列。然而,该对也可以斜线地排列等。伺服读取器 212 被定位于 R/W 对的阵列的外侧,R/W 对的功能是众所周知的。

[0055] 另外,伺服读取器 212 可以包括换能器的对(未示出),该换能器的对(未示出)在其沉积的平面上偏移。根据各种实施例,可以使用在下文详细描述的实施例的任何一个来确定伺服读取器 212 的换能器之间的偏移。另外,虽然换能器对被描绘为伺服读取器 212 的每一个具有共同屏蔽,但是根据其他实施例,例如图 11B 中说明的,换能器的每一个可以具有它们各自的屏蔽。

[0056] 通过继续参考图 2C,磁带介质一般沿着带传送的预期方向的正方向或反方向移动,如箭头 220 指示的。磁带介质和头组件 200 以本领域众所周知的方式以换能关系操作。背负的 MR 头装配 200 包括一般同样构造的两个薄膜模块 224 和 226。

[0057] 模块 224 和 226 以它们的封闭物 204B 之间存在间隔(部分地示出)的方式连结到一起以形成单物理单元,从而通过激活引导(leading)模块的写入器和尾随(trailing)模块的读取器来提供同时读写能力,该尾随模块的读取器与引导模块的写入器对齐,写入器平行于带相对于该写入器传送的方向。当背负头 200 的模块 224、226 被构造时,一般以如下顺序在例如为 AlTiC 的导电基板 204A(部分地示出)上产生的间隙 218 中形成用于 R/W 对 222 的层:绝缘层 236、第一屏蔽 232(典型地是铁合金,例如 NiFe(-),CZT 或 Al-Fe-Si(Sendust:铁硅铝合金))、用于感测磁介质上的数据轨道的传感器 234、第二屏蔽 238(典型地是铁镍合金,例如~80/20at % (原子百分比)NiFe,也称为坡莫合金(permalloy))、第一和第二写入器极尖(poletip)228、230 以及线圈(未图示)。传感器可以是任何已知的类型,包括基于 MR、GMR、AMR、隧穿磁阻(TMR)等的传感器。

[0058] 第一和第二写入器极 228、230 可以从高磁矩材料(例如~45/55NiFe)制造。需要注意的是,这些材料仅仅通过例子被提供,并且可以使用其他材料。例如在屏蔽和 / 或极尖之间的附加的绝缘层以及围绕传感器的绝缘层可以存在。说明性的绝缘材料包括氧化铝和其他氧化物、绝缘聚合物等。

[0059] 根据一个实施例的带头 126 的结构包括多个模块,优选为三个或更多。在读 - 写 - 读(W-R-W)头中,用于写的外部模块位于用于读的一个或多个内部模块的侧面。参考图 3,描绘 W-R-W 结构,外部模块 252、256 每一个包括写入器 260 的一个或多个阵列。图 3 的内部模块 254 包括类似结构的读取器 258 的一个或多个阵列。多模块头的变化包括 R-W-R 头(图 4)、R-R-W 头、W-W-R 头等。在其他变化中,模块的一个或多个可以具有换能器的读 / 写对。另外,可以存在多于三个模块。在另外的实施例中,两个外部模块可以位于两个或更多内部模块的侧面,例如以 W-R-R-W、R-W-W-R 布置等。为了简单起见,本文主要使用 W-R-W 头来示例本发明的实施例。被告知了本文的教导的本领域技术人员将理解本发明的

变换将如何应用到 W-R-W 结构以外的结构。

[0060] 图 5 说明根据本发明的一个实施例的磁头 126，该磁头 126 包括第一、第二和第三模块 302、304、306，每一个分别具有带支承面 308、310、312，该带支承面可以是平的、弯曲的等。需要注意的是，虽然术语“带支承面”似乎暗示面向带 315 的面与带支承面是物理接触的，但是这不是必需的。不同地，仅带的一部分可以是与带支承面始终或间歇地接触的，带的其他部分浮在（或“飘在”）空气层上的带支承面上（有时被称为“空气支承”）。由于对于带在预期方向上移动，第一模块 302 是在三个模块设计中的带遇到的第一个模块，因此该第一模块 302 将被称为“引导”模块。第三模块 306 将被称为“尾随”模块。尾随模块跟随中间模块并且是在三个模块设计中的带遇见的最后一个模块。引导和尾随模块 302、306 被共同地称为外部模块。也需要注意的是，取决于带 315 的传送的方向，外部模块 302、306 将交替地作为引导模块。

[0061] 在一个实施例中，第一、第二和第三模块 302、304、306 的带支承面 308、310、312 位于大约平行的平面（其意图包括平行和近似平行的平面，例如图 6 中的平行和相切之间），并且第二模块 304 的带支承面 310 在第一和第三模块 302、306 的带支承面 308、312 上方。如下文将描述的，这具有如下效果：产生带相对第二模块 304 的带支承面 310 的期望的缠绕角  $\alpha_2$ 。

[0062] 在带支承面 308、310、312 处沿着平行或近似平行但是偏移平面处，直观地，带会从引导模块 302 的带支承面 308 脱落。然而，由引导模块 302 的切沿（skiving edge）318 产生的真空（vacuum）已经由实验发现对保持带附着到引导模块 302 的带支承面 308 是充分的。引导模块 302 的尾随沿 320（带离开引导模块 302 的末端）是限定第二模块 304 的带支承面 310 上的缠绕角  $\alpha_2$  的近似参考点。带维持紧邻带支承面，直到靠近引导模块 302 的尾随沿 320。因此，读和 / 或写元件 322 可以被定位于接近外部模块 302、306 的尾随沿。这些实施例特别适合于写 - 读 - 写应用。

[0063] 本文描述的这个实施例和其他实施例的优点是：因为外部模块 302、306 固定在从第二模块 304 的确定的偏移的位置，所以当模块 302、304、306 耦合到一起或以其他方式固定到头中时，内部缠绕角  $\alpha_2$  被固定。内部缠绕角  $\alpha_2$  近似地为  $\tan^{-1}(\delta/W)$ ，其中  $\delta$  是带支承面 308、310 的平面之间的高度差，并且  $W$  是带支承面 308、310 的相对的末端之间的宽度。说明性的内部缠绕角  $\alpha_2$  是在大约  $0.3^\circ$  至大约  $1.1^\circ$  的范围内，但是可以是设计要求的任何角度。

[0064] 有利地，由于带 315 浮于尾随模块 306 上，因此接收带的模块 304 侧（引导沿）的内部缠绕角  $\alpha_2$  将大于尾随沿的内部缠绕角  $\alpha_3$ 。这种差异一般是有利的，因为更小的  $\alpha_3$  倾向于对抗此前已经是更陡的离开有效缠绕角。

[0065] 需要注意的是，外部模块 302、306 的带支承面 308、312 被定位以在引导模块 302 的尾随沿 320 处获得负的缠绕角。在对在从头脱落的带中形成的短路区的位置进行适合的考虑的情形下，这在帮助减小由于与尾随沿 320 接触而引起的摩擦方面一般是有利的。该负缠绕角也减小对引导模块 302 上的元件的颤振和擦刷损伤。另外，在尾随模块 306 处，带 315 飘于带支承面 312 上，所以当带在该方向上移动时，实际上元件上没有磨损。特别地，带 315 架在空气中，所以将不会显著地浮在第三模块 306 的带支承面 312 上（可能产生一些接触）。这是容许的，因为当尾随模块 306 空闲时引导模块 302 正在写。

[0066] 写和读功能由不同的模块在任意给定的时间执行。在一个实施例中，第二模块 304 包括多个数据读取器和可选的伺服读取器 331 而没有写入器。除了外部模块 302、306 可以包括可选的伺服读取器之外，第一和第三模块 302、306 包括多个写入器 322 而没有数据读取器。伺服读取器可以被用来在读和 / 或写操作期间对头定位。每一个模块中的伺服读取器典型地位于读取器或写入器的阵列的末端。

[0067] 通过使得仅读取器或并排的写入器和伺服读取器在基板和封闭物之间的间隙中，可以大幅减小间隙长度。典型的头具有背负的读取器和写入器，其中写入器形成于每一个读取器上方。典型的间隙是 20–35 微米。然而，带的不规则性可能倾向于下垂到间隙中并产生间隙腐蚀。因此，间隙越小越好。本文能够得到的更小的间隙展现更少的磨损相关的问题。

[0068] 在一些实施例中，第二模块 304 具有封闭物，而第一和第三模块 302、306 没有封闭物。当没有封闭物时，优选的是向模块加入硬质涂层。一种优选的涂层是类金刚石碳 (DLC)。

[0069] 在图 5 示出的实施例中，第一、第二和第三模块 302、304、306 每一个具有封闭物 332、334、336，其延伸相关的模块的带支承面，从而有效地将读 / 写元件定位到离开带支承面的沿。第二模块 304 上的封闭物 332 可以是典型地在带头中存在的类型的陶瓷封闭物。然而，如与各自的模块上的带传送的方向平行地测量的，第一和第三模块 302、306 的封闭物 334、336 可以比第二模块 304 的封闭物 332 短。这能够使各模块定位为相互更靠近。产生更短的封闭物 334、336 的一种方法是对第二模块 304 的标准陶瓷封闭物缠绕附加的量。另一种方法是在薄膜处理期间在元件上镀上或沉积薄膜封闭物。例如，可以在模块上形成硬质材料（例如铁硅铝合金或铁镍合金（例如 45/55））的薄膜封闭物。

[0070] 通过外部模块 302、306 上的厚度减小的陶瓷或薄膜封闭物 334、336 或没有封闭物，写到读间隙间隔可以被减小到小于大约 1mm，例如大约 0.75mm，或比通常使用的 LTO 带头间隔小 50%。模块 302、304、306 之间的开放间隔也可以被设定为近似 0.5 至 0.6mm，其在一些实施例中对于稳定带在第二模块 304 上的运动是理想的。

[0071] 取决于带张力和刚度，使外部模块的带支承面相对第二模块的带支承面成角度可以是可取的。图 6 说明模块 302、304、306 成相切的或近似相切的（成角度的）结构的实施例。特别地，外部模块 302、306 的带支承面与成第二模块 304 的期望的缠绕角  $\alpha_2$  的带大约平行。换言之，外部模块 302、306 的带支承面 308、312 的平面被定向为大约成带 315 相对第二模块 304 的期望的缠绕角  $\alpha_2$ 。在该实施例中，带也将离开尾随模块 306，从而减小尾随模块 306 中的元件上的磨损。这些实施例对于写 - 读 - 写应用是特别有用的。这些实施例的附加的方面与上文给出的内容类似。

[0072] 典型地，带缠绕角可以被设定为大约在图 5 和图 6 示出的实施例中间。

[0073] 图 7 说明模块 302、304、306 处于过缠绕 (overwrap) 结构的实施例。特别地，外部模块 302、306 的带支承面 308、312 成比带 315 被设定为相对第二模块 304 的期望的缠绕角  $\alpha_2$  时稍大的角度。在该实施例中，带不离开尾随模块，允许其被用于写或读。因此，引导和中间模块都可以执行读和 / 或写功能，而尾随模块可以读任何刚写入的数据。因此，这些实施例对于写 - 读 - 写、读 - 写以及写 - 写 - 读应用是优选的。在后者的实施例中，封闭物应当比带罩 (tape canopy) 宽，以便确保读能力。更宽的封闭物可能要求更宽的间隙到间隙的分隔。因此优选的实施例具有写 - 读 - 写结构，该结构可以使用减短的封闭物，该封

闭物从而允许更靠近的间隙到间隙的分隔。

[0074] 图 6 和图 7 示出的实施例的附加的方面与上文给出的内容类似。

[0075] 多模块头 126 的 32 通道版本可以使用线缆 350, 该线缆 350 具有与当前的 16 频道背负 LTO 模块相同或更小的间距上的引线, 或替代地, 模块上的连接可以是风琴键盘式, 以得到线缆跨度的 50% 减小。重复地 (over-under), 写入对未屏蔽的线缆可以被用于写入器, 写入器可以具有集成的伺服读取器。

[0076] 例如通过本领域已知的任何类型的引导器 (例如可调节的滚轮、滑块等), 或替代地通过集成到头的外伸支腿 (outrigger), 可以在驱动器中设定外部缠绕角  $\alpha_1$ 。例如, 具有偏移轴的滚轮可以被用来设定缠绕角。偏移轴产生旋转的轨道弧, 允许缠绕角  $\alpha_1$  的精确对齐。

[0077] 为了装配上文描述的任何实施例, 可以使用常规的 U 型梁装配。因此, 大部分合成的头可以被维持或甚至相对之前各代的头减小。在其他实施例中, 各模块可以被构造为统一体。获悉了本教导的本领域技术人员将理解, 制造这样的头的其他已知的方法可以适合于构造这样的头。

[0078] 如上文注释的, 带侧向膨胀和收缩对常规的产品中的增加的数据轨道密度呈现很多挑战。常规的产品已经尝试通过以张力来控制带宽度和改进介质自身的特性来补偿带侧向膨胀和收缩。然而, 这些方法不能完全消除带侧向膨胀和收缩, 而实际上导致其他问题, 该问题分别包括带拉长和介质成本增加。

[0079] 图 8A-8C 意图描绘换能器阵列上的相对其位置的带侧向膨胀和收缩的效果, 而并非意图限定发明。图 8A 描绘与带 802 相对的模块 800, 其中带具有标称宽度 (nominal width)。如示出的, 换能器 804 与带 802 中的数据轨道 806 良好地对齐。然而, 图 8B 说明带侧向收缩的效果。如示出的, 带的收缩也导致数据轨道收缩, 结果最外部的换能器 808 被定位为沿着外部数据轨道的外沿。另外, 图 8C 描绘带侧向膨胀的效果。这里, 带的膨胀导致数据轨道移动得相隔更远, 结果最外部的换能器 808 被定位为沿着外部数据轨道的内沿。如果带侧向收缩得比图 8B 所示的更多, 或带侧向膨胀得比图 8C 所示的更多, 则最外部的换能器 808 将穿越到相邻的轨道, 从而导致在写操作期间相邻的轨道被覆写, 和 / 或致使在读回操作期间读回错误轨道。另外, 特别是对于具有遮盖的数据轨道 (shingled data track) 的带, 例如带歪斜和侧向偏移的运行效果可能加剧这样的问题。

[0080] 因此, 开发如下带驱动装置是可取的: 无论在任何给定时间的带侧向膨胀和 / 或收缩的程度如何, 都能够在适合的位置读轨道和 / 或将轨道写到带中。如将很快变得清楚的, 通过对带驱动装置的至少两个模块定向, 例如通过旋转、枢轴旋转和 / 或倾斜, 从而选择性地在换能器的阵列中更改换能器的间距, 本文描述和 / 或建议的各种实施例克服常规的产品的上述挑战。

[0081] 通过选择性地对模块定向, 模块中的换能器的间距从而被更改, 优选地针对给定的带侧向膨胀和 / 或收缩, 使换能器与带上的轨道对齐。可以通过对标称不偏移头定向来解决带收缩 (缩小), 但是不能解决带膨胀 (扩大)。因此, 如下文将解释的, 为了适应关于“标称”的缩小和扩大, 头必须被静态地定位为至少近似  $0.1^\circ$  的标称角度。此后, 可以对已经定向的模块进行更小的角的调节 (例如大约  $1^\circ$  或更小, 但可以更大), 以便补偿带侧向膨胀和 / 或收缩的任何变化, 从而保持换能器与带上的轨道对齐。

[0082] 图 9A-9C 说明对具有换能器阵列的模块定向的效果的代表性的视图。应当注意的是,图 9A-9C 中说明的定向角度是放大的(例如大于将典型地被观测到的),并且没有意图限制发明。

[0083] 参考图 9A,模块 900 被相对带 902 示出,其中带具有标称宽度。如说明的,模块 900 被以角度  $\theta_{nom}$  定向,使得换能器 904 与带 902 上的轨道 906 良好地对齐。然而,当带 902 经历带侧向收缩和 / 或膨胀时,带上的数据轨道 906 也收缩和 / 或膨胀。结果,模块上的换能器不再与带 902 上的数据轨道 906 良好地对齐。

[0084] 在图 9B 中,带 902 已经经历了带侧向收缩。因此,如果不进行调节,则以由图 8B 举例的方式,图 9B 的模块 900 上的换能器 904 将不再与带 902 上的数据轨道 906 良好地对齐。然而,如上文提及的,可以对已经定向的模块 900 进行更小的角的调节,以便补偿带侧向收缩。因此,再次参考图 9B,模块 900 的  $>\theta_{nom}$  的定向的角度进一步被定位为大于  $\theta_{nom}$  的角度。通过增加  $>\theta_{nom}$  的角度,换能器的阵列的有效宽度  $w_2$  从图 9A 中说明的有效宽度  $w_1$  降低。这也转化为换能器之间的有效间距的减小,从而沿着如图 9B 示出的带 902 上的收缩的数据轨道 906 重新对齐换能器。

[0085] 另一方面,当带经历带侧向膨胀时,带上的数据轨道也膨胀。结果,如果不进行调节,则模块上的换能器将不再与带上的数据轨道良好地对齐。通过参考图 9C,带 902 已经经历了带侧向膨胀。结果,可以对模块的定向的角度进行进一步的角的调节,以便补偿带侧向膨胀。因此,再次参考图 9C,模块 900 的  $<\theta_{nom}$  的定向的角度减小到小于  $\theta_{nom}$  的角度。通过降低  $<\theta_{nom}$  的定向的角度,换能器 904 的阵列的有效宽度  $w_3$  从图 9A 中说明的有效宽度  $w_1$  增加。另外,减小换能器的阵列 904 的有效宽度也导致换能器之间的有效间距减小,从而沿着带 902 上的数据轨道 906 重新对齐换能器。

[0086] 在优选实施例中,磁带装置具有两个或更多模块,每一个模块具有典型地成一行的换能器的阵列。取决于期望的实施例,换能器的附加的行可以允许装置在写处理期间进行读验证,但不限于此。如上文提到的,例如通过关于与容纳给定模块的阵列的平面(例如与带支承面的平面平行)正交的轴旋转给定的模块,从而选择性地更改阵列中的换能器的间距,上述常规的挑战可以被克服。

[0087] 通过提供补偿带侧向膨胀和 / 或收缩的装置,各种实施例使更宽的读取器能够使用,从而产生更好的信噪比(SNR)和 / 或使得介质的每单位面积的容量更高的更小的数据轨道。

[0088] 另外,具有偏移读取器 / 写入器换能器对的设计可以与本文描述的任何实施例合并,从而可取地允许同时读写的能力。本文描述的附加的实施例优选地允许偏移伺服读取器与偏移读取器 / 写入器换能器对结合而合并。如上文提及的,这使标准伺服带能够使用,从而允许在带上放置更多轨道。

[0089] 图 10A-10B 描绘根据一个实施例的用于补偿带侧向膨胀和 / 或收缩的装置 1000。作为选项,本装置 1000 可以与来自本文列出的其他实施例(例如那些参考其他图而描述的)的特征结合而实现。然而,当然,装置 1000 和本文呈现的其他装置可以被用于各种应用和 / 或变换,该各种应用和 / 或变换可以或不可以不在本文列出的说明性实施例中被具体描述。另外,本文呈现的装置 1000 可以被用于任何期望的环境。因此图 10A-10B(以及其他图)应当被认为包括任何和所有可能的变换。

[0090] 参考图 10A-10B, 装置 1000 包括模块 1002、1004, 模块 1002、1004 的每一个具有换能器对 1030 的阵列 1006、1008。根据一些实施例, 装置 1000 还可以包含磁带头 (例如图 2 的 200), 磁带头具有模块 1002、1004, 但不限于此。如上文提到的, 虽然图 2C 说明 R/W 对 222 的每一个的写换能器 214 和读换能器 216 是与带传送的预期方向 220 平行地排列的, 但是本实施例的偏移换能器对 1030 可以替代地在磁带头 200 中实现。

[0091] 通过继续参考图 10A-10B, 模块 1002、1004 的每一个的换能器对 1030 包括两个换能器 1010、1011。另外, 根据优选实施例, 对的每一个中的换能器中的一个可以是读取器, 而对的每一个中的换能器中的另一个可以是写入器。因此, 每一个阵列中的换能器的对 1010、1011 可以是读取器 / 写入器。

[0092] 在另一个实施例中, 模块 1002、1004 例如可以相对彼此固定, 以确保在装置 1000 的使用期间模块 1002、1004 之间的设计的间隔。基于本描述, “固定”意图表示约束相对彼此的方向上的移动, 使得每一个的阵列维持相对彼此固定的位置。换言之, 模块可以被固定, 使得阵列 1006、1008 的轴 1012、1013 分别被定向为彼此大约平行。

[0093] 应当注意的是, 换能器对 1030 的每一个阵列 1006、1008 的轴 1012、1013 由处于其相反的末端 (例如位于相隔最远) 之间的短划线限定。根据优选实施例, 如下文将进一步详细描述的, 换能器的至少一个阵列 1006、1008 的每一个的轴 1012、1013 可以被定向为以相对被定向为与带传送的预期方向 1020 垂直的线成标称角度  $\Phi$  彼此大约平行。

[0094] 在各种实施例中, 通过使用杆、紧固件、胶粘剂、线缆、导线等, 模块可以相对彼此固定。另外, 根据不同的实施例, 取决于期望的实施例, 模块优选地在被安装到装置 1000、头等之前相对彼此固定。然而, 如将很快变得清楚的, 模块优选地是作为单结构关于轴心点选择性地可定向 (例如可倾斜和 / 或可旋转) 的, 同时依然相对彼此固定。

[0095] 通过继续参考图 10A-10B, 换能器对 1030 的每一个内的换能器 1010、1011 被说明为在与阵列 1006、1008 的轴 1012、1013 平行的方向上相互偏移。根据描绘的说明性的实施例, 第一模块 1002 的换能器对 1030 的每一个的第一换能器 1010 在与阵列 1006、1008 的轴 1012、1013 平行的第一方向上从第一模块 1002 的换能器对 1030 的每一个的第二换能器 1011 偏移  $\Omega$ 。另外, 第二模块 1004 的换能器对 1030 的每一个的第一换能器 1010 在与第一方向相反 (例如大约反向平行) 的第二方向上从第二模块 1004 的换能器对 1030 的每一个的第二换能器 1011 偏移  $\Omega$ 。

[0096] 根据各种实施例, 针对阵列 1006、1008 的每一个的换能器对 1030 的每一个中的换能器 1010、1011 之间的偏移  $\Omega$  可以是至少近似  $3 \mu\text{m}$  (微米), 但是取决于期望的实施例可以更高或更低。根据优选实施例, 如将马上变得清楚的, 第一和第二模块 1002、1004 的换能器对 1030 的每一个的换能器之间的偏移  $\Omega$  可以被调节, 例如使得当模块被以大约标称角度  $\Phi$  定向时, 相对的对的换能器大约对齐。

[0097] 根据各种实施例, 对阵列 1006、1008 的轴 1012、1013 定向的标称角度  $\Phi$  可以取决于或至少部分取决于换能器对的每一个的换能器之间的偏移  $\Omega$ 。根据优选实施例, 如图 10B 中说明的, 第一和第二模块 1002、1004 的换能器对 1030 的每一个的换能器之间的偏移  $\Omega$  可以被调节, 使得当阵列 1006、1008 的轴 1012、1013 被以大约标称角度  $\Phi$  定向时, 第二模块 1004 上的换能器对的第一换能器 1010 与第一模块 1002 的换能器对的第二换能器 1011 在带传送的预期方向 1020 上大约对齐。另外, 当阵列 1006、1006 的轴 1012、1013 被以

大约标称角度  $\Phi$  定向时, 第一模块 1002 的换能器对的第一换能器 1010 也优选地沿着被定向为与带传送的预期方向 1020 大致平行的虚线 1026 与第二模块 1004 的换能器对的第二换能器 1011 大约对齐, 从而使装置 1000 的双向同时读写能力能够实现。

[0098] 另外, 见图 10C, 模块 1002、1004 的换能器对 1030 也可以被定向, 使得当阵列 1006、1008 的轴 1012、1013 被定向为与预期方向 1020 正交时 (例如在倾斜到期望的标称角度  $\Phi$  之前), 第二模块 1004 上的换能器对的第二换能器 1011 沿着被定向为与带传送的预期方向 1020 大致平行的虚线 1028 与第一模块 1002 的换能器对的第二换能器 1011 大约对齐。这样的设计也允许使用单模块设计来制造, 其中相对的模块在结构上是同样的。

[0099] 因此, 可以使用换能器对 1030 的换能器 1010、1011 之间的偏移  $\Omega$  (间隔) 来计算和 / 或确定期望的标称角度  $\Phi$  值, 反之亦然。另外, 根据各种偏移的标称角度  $\Phi$  值可以被预计算并存储于查找表、计算机代码、存储器等, 以便将来使用。

[0100] 在不同的实施例中, 标称角度  $\Phi$  可以相对被定向为与带传送的方向 1020 垂直的线 1022 在大约  $0.05^\circ$  和大约  $45^\circ$  之间, 更优选的是在大约  $0.1^\circ$  和大约  $10^\circ$  之间, 但是取决于期望的实施例可以更高或更低。另外, 发明人已经惊讶地并且意外地发现, 通过对在大于大约  $0.1^\circ$  和大约  $10^\circ$  之间的范围内的标称角度  $\Phi$  与本文描述的各种实施例进行合并, 可以实施从带读取和向带写入, 而不会明显使该带转向 (steer) 和 / 或在带的寿命期限导致介质损伤。例如, 发明人原认为在成角度的切沿上缠绕带将会侧向地使带转向。

[0101] 由于更大的角度趋向于导致使用时的带的操控, 所以大于规定的范围 (例如大于大约  $10^\circ$ ) 内的定向的角度是不可取的。然而, 如上文所述, 在规定的范围内的定向的角度意外地并且难以预测地没有致使不利的带的转向。另外, 当模块的定向的角度大于规定的范围内时, 区分带侧向膨胀和 / 或收缩与歪斜更加困难。这可能导致对当前操作的带的尺度条件和 / 或模块的定向与之前的操作的尺度条件和 / 或模块的定向 (下文进一步详细解释) 进行匹配时的困难。也应当注意的是, 图 10A 中说明的定向的角度  $\Phi$  是夸大的 (例如大于期望的范围内), 并且没有意图限制发明。

[0102] 另外, 在图 10A 中, 每一个阵列 1006、1008 被说明为分别包括伺服换能器 1032、1034。根据优选实施例, 伺服换能器 1032、1034 的每一个和最接近的换能器对 1030 的数据换能器 1010 之间的中心到中心的距离  $d_1$ 、 $d_2$  优选为相同的。然而, 在其他实施例中, 例如伺服换能器 1032、1034 可以从最接近的数据换能器不同地间隔开, 导致针对各距离  $d_1$ 、 $d_2$  的不同的值。

[0103] 根据其他实施例, 每一个阵列 1006、1008 可以包括至少一对伺服换能器, 其中给定的对可以被定位于换能器的阵列的一侧。见图 12 中描绘的系统 1200 的示例性实施例, 换能器对 1030 的两个阵列 1006、1008 分别包括伺服换能器 1206 和 1208、1210 和 1212 的对 1202、1204。根据优选实施例, 伺服换能器的每一个从说明的换能器对 1030 的换能器 1010 的各自的一个大致相同地间隔开。换言之, 伺服换能器 1206 的一个与换能器对 1030 的换能器 1010 的更靠近的一个之间的距离  $d_3$  和伺服换能器 1208 的另一个与换能器对 1030 的换能器 1010 的更靠近的一个之间的距离  $d_4$  大致相同。此外, 伺服换能器 1210 的一个与换能器对 1030 的换能器 1010 的更靠近的一个之间的距离  $d_5$  和伺服换能器 1212 的另一个与换能器对 1030 的换能器 1010 的更靠近的一个之间的距离  $d_6$  大致相同。在示例性实施例

中,距离  $d_3$ 等于距离  $d_5$ ,并且距离  $d_4$ 等于距离  $d_6$ 。

[0104] 另外,对 1202、1204 的每一个的伺服换能器 1206 和 1208、1210 和 1212 之间可以分别具有间隔(偏移),该间隔等于阵列 1006、1008 中的每一个换能器对中的换能器之间的偏移。因此,伺服换能器的对的每一个之间的间隔可以至少近似为 4 微米,但是取决于期望的实施例可以更高或更低。然而,在其他实施例中,伺服换能器的对的每一个之间的间隔可以与换能器对 1030 的换能器 1010、1011 之间的间隔不同。

[0105] 取决于实施例,伺服换能器的对的每一个中的伺服换能器可以是共面的,例如成对的伺服换能器的每一个可以是在形成伺服换能器的相同的沉积处理中形成的。另外,在另外的实施例中,伺服换能器的对的每一个中的伺服换能器可以沿着各自的轴 1012、1013 与相关的阵列的第一换能器 1010 大致对齐。换言之,伺服读取器优选地在与数据读取器相同的沉积的平面中,并且具有与相同的阵列内的换能器对的第一和第二换能器 1010、1011(例如读取器和写入器)之间的偏移相等的伺服换能器的对内的间隔。

[0106] 取决于实施例,伺服读取器可以可选地由普通的中心硬偏磁 (central hard bias magnet) 构成,并且可以可选地具有共同的磁屏蔽(例如参见图 11A),但是不限于此。因此,在一个实施例中,伺服换能器可以共享例如本领域已知的类型的共同的纵向偏置材料 (longitudinal bias material)。然而,如下文将详细描述的,在其他实施例中,可以使用分离的硬偏磁和 / 或磁屏蔽来形成伺服读取器(例如参见图 11B)。

[0107] 由此可见,在一些实施例中,模块 1002、1004 的每一个可以具有大约同样的构造。换言之,除了在制造期间产生的处理变化,模块 1002、1004 可以具有同样的构造和设计。本领域技术人员通过获悉本说明书,将理解如何使已知的处理适应于执行本文列出的各种步骤。

[0108] 模块可以来源于相同的晶片。这样的共同制造的优点是读取器 / 写入器对之间的偏移对于两个模块是相同的,从而产生带上的更精确的轨道放置。参考图 10B,当模块来源于相同的晶片时,在每一个模块上偏移  $\Omega$  将是相同的。

[0109] 另外,具有大约同样的构造的核心优点是换能器对的每一个内的换能器之间的偏移内建于晶片中,具有比用任何常规的方法可能具有的精度高得多的精度。此外,由于给定实施例的阵列的任何一个的读取器 / 写入器对从相同的晶片形成,因此这使得能够达到高面密度,同时保持与本文的各种实施例相关的制造成本远低于常规产品的制造成本。

[0110] 在装置的装配期间,根据一个实施例,因为偏移内建在晶片级,所以例如模块优选地对齐,而相对的模块上的读取器之间没有偏移。参见例如图 12 中的对齐的读取器。

[0111] 现在参考图 10D,装置 1000 包括用于对模块定向的机构 1014(例如带尺度不稳定性补偿机构),以控制呈现到带的换能器间距。带尺度不稳定性补偿机构 1014 优选地允许在模块正在进行读和 / 或写的同时进行模块的定向。带尺度不稳定性补偿机构 1014 可以是适合对模块定向的任何已知的机构。说明性的带尺度不稳定性补偿机构 1014 包括蜗杆、音圈致动器、热制动器、压电制动器等。

[0112] 一个实施例中的控制器 1016 被配置为基于带的读回信号(例如伺服信号、数据信号、二者的组合等)来控制带尺度不稳定性补偿机构 1014。因此,在一个实施例中,控制器 1016 可以被配置为基于带的歪斜来控制用于对模块定向的机构 1014。在另一个实施例中,可以从例如数据库、盒式存储器等中检索带的尺度条件和 / 或带被写入时的模块的定

向,并且可以基于此来设定定向以对当前操作的换能器间距与之前的操作的换能器间距进行大约匹配。

[0113] 在各种实施例中,附加的逻辑、计算机代码、命令等或它们的组合可以被用于基于带的歪斜来控制用于调节模块的定向的带尺度不稳定性补偿机构 1014。另外,取决于期望的实施例,本文描述和 / 或建议的任何实施例可以与各种功能的方法组合。

[0114] 图 10E 描绘图 10A 中示出的装置的变化,并且在该两幅图中相同的元件编号相同。再次参考图 10E,应当注意的是,换能器对 1030 可以包括参考图 10A-10B 的换能器对 1010、1011 在上文描述的任何设计。

[0115] 根据描绘的实施例,装置 1000 包括在模块的带支承面之间延伸的间隔器部件 1050。间隔器部件 1050 可以从带支承面的平面凹陷,但是优选地与带支承面共面和 / 或以其他方式形成头的全部带支承面的一部分。

[0116] 在一个实施例中,间隔器部件 1050 包括磁屏蔽 1052,用于对换能器对 1030 的第二阵列 1008 磁屏蔽换能器对 1030 的第一阵列 1006。这样的磁屏蔽 1052 可以由本领域已知的任何合适的材料(例如 NiFe、CoFe 等)形成。

[0117] 根据一个实施例,磁屏蔽 1052 可以在高度方向上从带支承面或其下方的某点延伸(进入带支承面),优选地延伸提供期望的屏蔽效果的距离。例如,屏蔽 1052 可以具有与换能器的高度类似的高度。因此,取决于实施例,屏蔽 1052 的尺度可以被更改(例如调整)以达到针对装置 1000 的全部功能的期望的效果。

[0118] 图 10F 描绘装置 1040 的替代实施例,类似于图 10D 的装置,但是具有模块的两个组 1042、1044。虽然每一个组 1042、1044 被说明为具有两个模块 1002、1004,但是根据其他实施例,每一个组 1042、1044 可以包括至少两个模块,例如,组的一个或两个可以包括多于两个模块。另外,例如模块的每一个组 1042、1044 优选地是独立地可定向的,以设定定向的角度。根据另外的实施例,模块的每一个组也可以独立地可定位用于轨道跟随。

[0119] 如说明的,模块的组 1042、1044 耦合到控制器 1016 以及机构 1014。根据优选实施例,取决于期望的实施例,控制器 1016 和 / 或机构 1014 可以被用来例如统一地或单独地定位模块的两个组。另外,控制器 1016 和 / 或机构 1014 可以包括参考图 10C 在上文描述的任何实施例。

[0120] 仍然参考图 10F,根据一个实施例,模块的每一个组 1042、1044 的外部模块可以被配置用于写,而每一个组 1042、1044 的内部模块可以被配置用于读。因此,在一个说明性的使用情况下,模块的一个组的外部模块上的写入器可以进行写,同时模块的第二组的内部模块的读取器可以读回刚写入的轨道。在另一个说明性的使用的情况下,模块的一个组的外部模块上的写入器可以进行写,同时模块的相同的组的内部模块的读取器可以读回刚写入的轨道。

[0121] 现在参考图 11A-11B,根据一个实施例描绘具有换能器对的伺服读取器 1100。作为选项,本伺服读取器 1100 可以与来自本文列出的任何其他实施例的特征结合而实现,例如那些参考其他图来描述的。然而,当然,本文呈现的伺服读取器 1100 和其他伺服读取器可以被用于各种应用和 / 或变换,该各种应用和 / 或变换可以或可以不在本文列出的说明性的实施例中被具体描述。另外,本文呈现的伺服读取器 1100 可以被用于任何期望的环境。因此图 11A-11B(以及其他图)应当被认为包括任何和所有可能的变换。

[0122] 见图 11A-11B, 伺服读取器 1100 包括底部屏蔽 1102, 在其上方说明了根据如将马上变得清楚的两个不同的设计的两个传感器堆 (stack)。然而, 如本领域技术人员通过阅读本说明书将理解的, 通过继续参考这两幅图 11A-11B, 传感器堆的每一个具有反铁磁 (AFM) 层 1104、参考层 1106、间隔层 1108、自由层 1110、盖层 (cap layer) 1112 以及顶部屏蔽 1114。伺服读取器 1100 例如还包括绝缘层 1116 和偏置层 1118, 该偏置层 1118 可以包括本领域已知的类型的任何常规偏置材料。

[0123] 现在参考图 11A, 伺服读取器 1100 示出为具有普通中心偏置层 1118 以及用于换能器对的共同磁底部和顶部屏蔽层 1102、1114。然而, 见图 11B, 根据不同的实施例, 伺服读取器 1100 被绘制为包括用于换能器传感器堆的每一个的分离的屏蔽层 1102、1114 以及绝缘层 1116。因此, 取决于实施例, 具有换能器对的伺服读取器可以包含共同或独特的 (例如单独的) 中心偏置层、磁底部屏蔽和 / 或磁顶部屏蔽。

[0124] 也应当注意的是, 取决于期望的实施例, 图 11A-11B 中示出的偏移“偏移”可以包括根据上文描述的实施例的任何一个的值。然而, 根据优选实施例, 传感器堆之间的偏移“偏移”优选地与读取器 / 写入器对的换能器之间的偏移 (例如参见图 10B 的  $\Omega$ ) 大约相同。另外, 图 11A-11B 中描绘的层的任何一个可以包括常规的层的类型, 该类型已知为通过阅读本说明书而将被本领域技术人员理解的。

[0125] 如下将是清楚的 : 上述系统、装置和 / 或方法的各种特征可以以任何方式组合, 以从上文呈现的描述产生多个组合。

[0126] 所属技术领域的技术人员知道, 本发明的各个方面可以实现为系统、方法或计算机程序产品。因此, 本发明的各个方面可以具体实现为以下形式, 即 : 完全的硬件实施方式、完全的软件实施方式 (包括固件、驻留软件、微代码等), 或硬件和软件方面结合的实施方式, 这里可以统称为“电路”、“模块”或“系统”。此外, 在一些实施例中, 本发明的各个方面还可以实现为在一个或多个计算机可读介质中的计算机程序产品的形式, 该计算机可读介质中包含计算机可读的程序代码。

[0127] 可以采用一个或多个计算机可读介质的任意组合。计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或者非瞬态计算机可读存储介质。计算机可读存储介质例如可以是一—但不限于—电、磁、光、电磁、红外线、或半导体的系统、装置或器件, 或者任意以上的组合。非瞬态计算机可读存储介质的更具体的例子 (非穷举的列表) 包括 : 具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、可擦式可编程只读存储器 (EPROM 或闪存)、光纤、便携式紧凑盘只读存储器 (CD-ROM)、光存储器件、磁存储器件、或者上述的任意合适的组合。在本文件中, 非瞬态计算机可读存储介质可以是任何能够包含或存储程序的有形介质, 该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用。

[0128] 计算机可读的信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号, 其中承载了计算机可读的程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式, 包括—但不限于—电磁信号、光信号或上述的任意合适的组合。计算机可读的信号介质还可以是非瞬态计算机可读存储介质以外的任何计算机可读介质, 该计算机可读介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用的程序, 例如具有一个或多个线路的电连接、光纤等。

[0129] 计算机可读介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输,包括——但不限于——无线、有线、光缆、RF 等等,或者上述的任意合适的组合。

[0130] 可以以一种或多种程序设计语言的任意组合来编写用于执行本发明操作的计算机程序代码,所述程序设计语言包括面向对象的程序设计语言—诸如 Java、Smalltalk、C++ 等,还包括常规的过程式程序设计语言—诸如“C”语言或类似的程序设计语言。程序代码可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中,远程计算机可以通过任意种类的网络——包括局域网 (LAN) 或广域网 (WAN) —连接到用户计算机,或者,可以连接到外部计算机(例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。

[0131] 下面将参照根据本发明实施例的方法、装置(系统)和计算机程序产品的流程图和 / 或框图描述本发明。应当理解,流程图和 / 或框图的每个方框以及流程图和 / 或框图中各方框的组合,都可以由计算机程序指令实现。这些计算机程序指令可以提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器,从而生产出一种机器,使得这些计算机程序指令在通过计算机或其他可编程数据处理装置的处理器执行时,产生了实现流程图和 / 或框图中的一个或多个方框中规定的功能 / 动作的装置。

[0132] 也可以把这些计算机程序指令存储在计算机可读介质中,这些指令使得计算机、其他可编程数据处理装置、或其他设备以特定方式工作,从而,存储在计算机可读介质中的指令就产生出包括实现流程图和 / 或框图中的一个或多个方框中规定的功能 / 动作的指令的制造品 (article of manufacture)。

[0133] 计算机程序指令也可以被加载到计算机、其他可编程数据处理装置或其他设备,以引起将在计算机、其他可编程装置或其他设备上执行的一系列可操作的步骤,从而产生计算机实现的处理,使得在计算机或其他可编程装置中执行的指令提供用于实现流程图和 / 或框图的一个块或多个块中指定的功能 / 行为的处理。

[0134] 将进一步理解,可以以为顾客而开发的服务的形式来提供本发明的实施例。

[0135] 虽然上文已经描述了各种实施例,但是应当明白它们仅通过例子而没有限制地呈现。因此,本发明的实施例的广度和范围不应当被任何上文描述的示例性实施例限制,而是应当仅根据下面的权利要求及其等同物来限定。

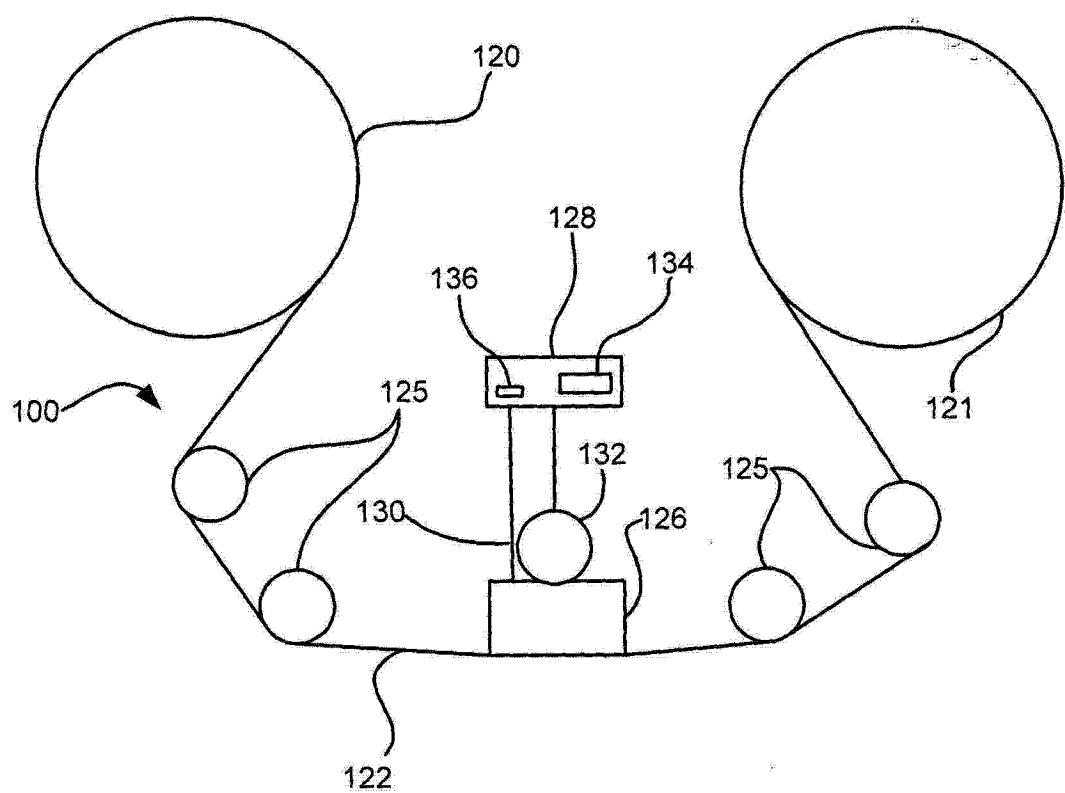


图 1A

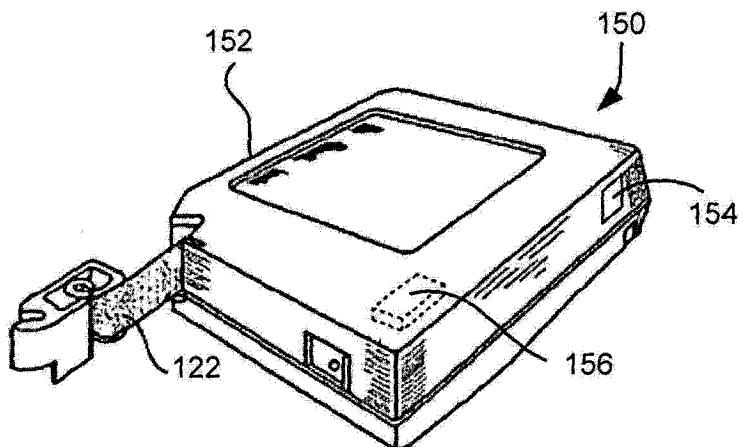


图 1B

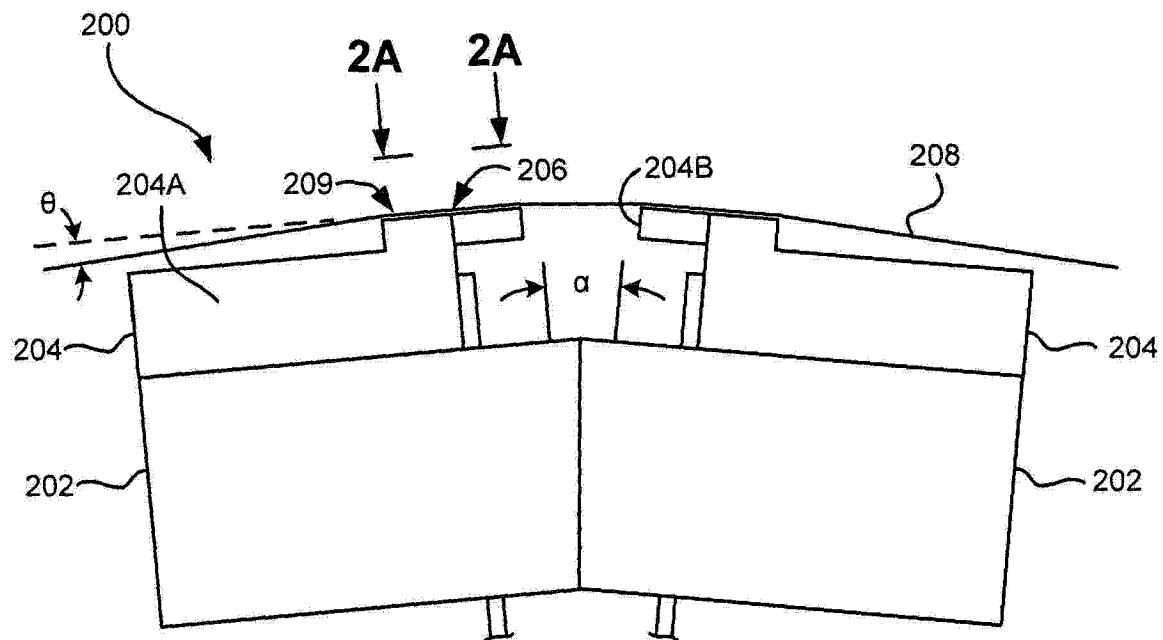


图 2

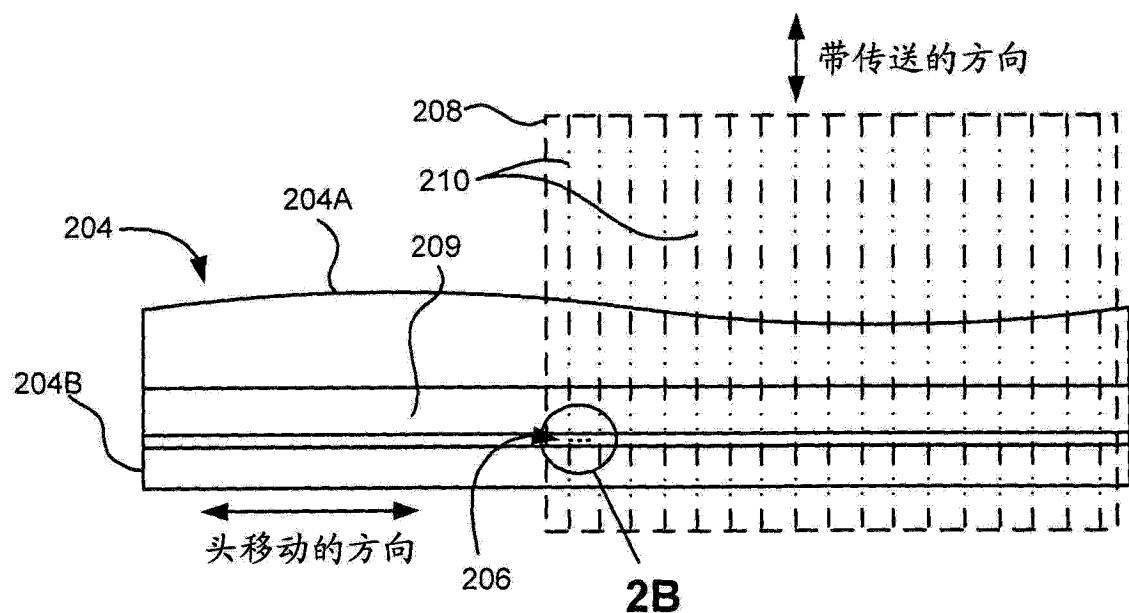


图 2A

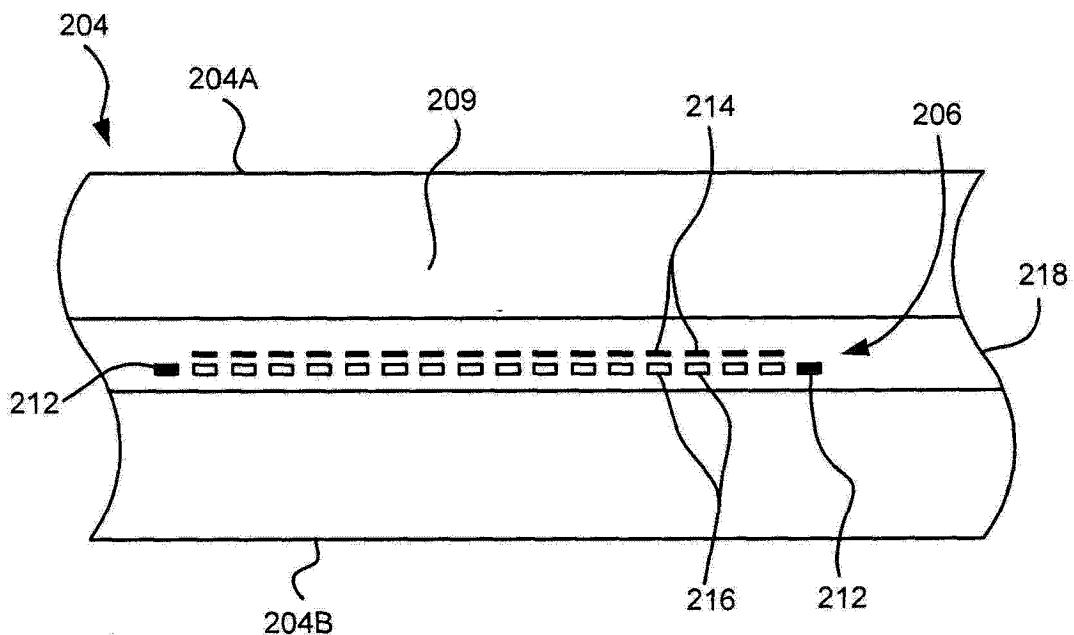


图 2B

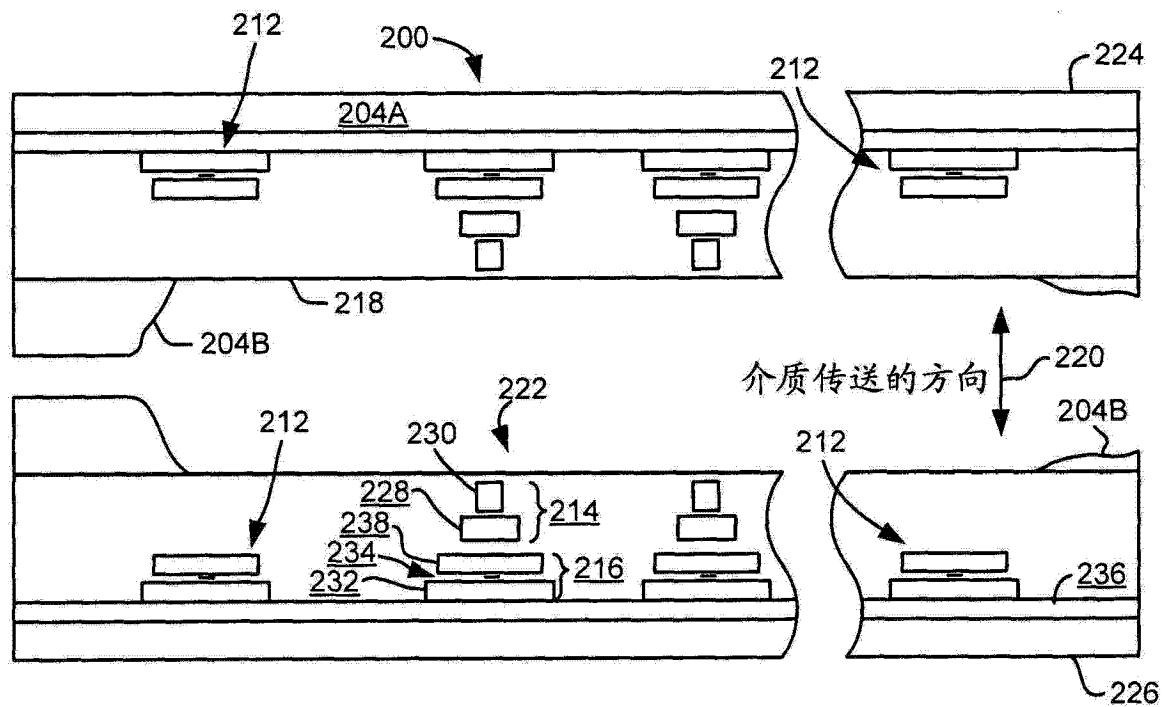


图 2C

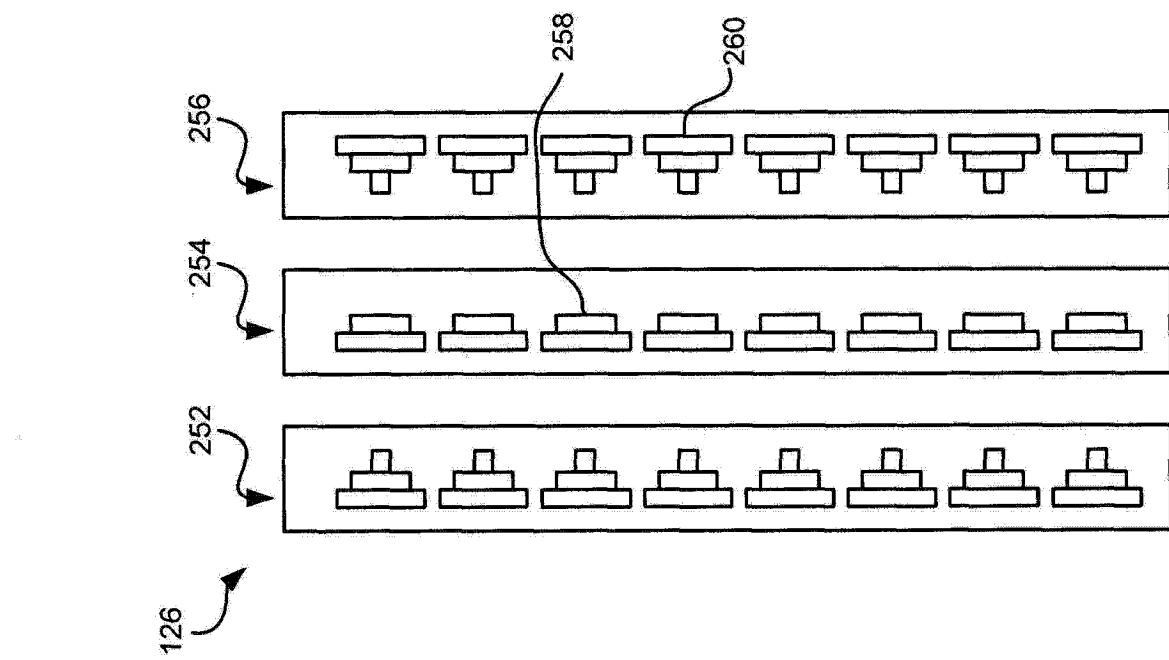


图 3

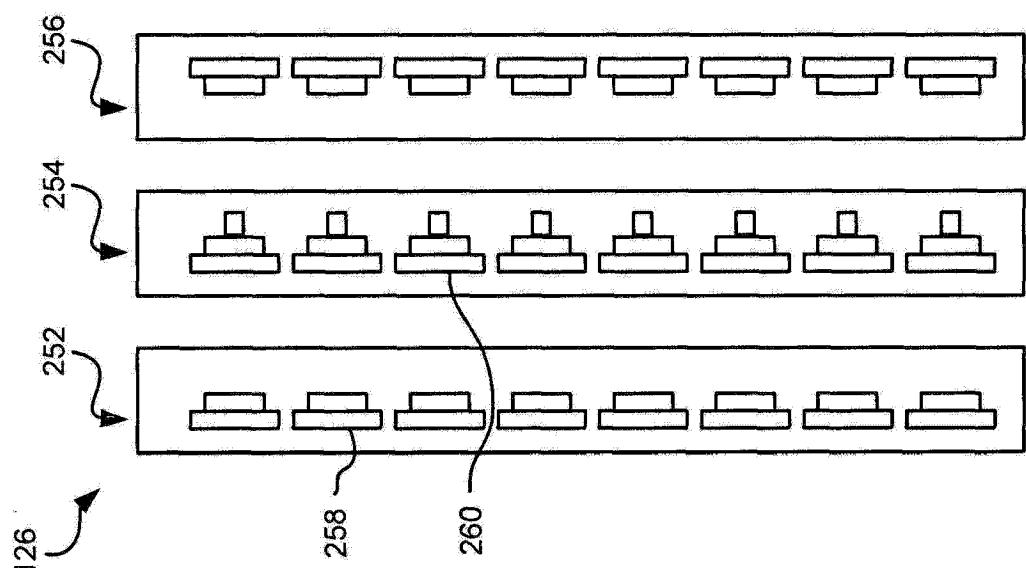


图 4

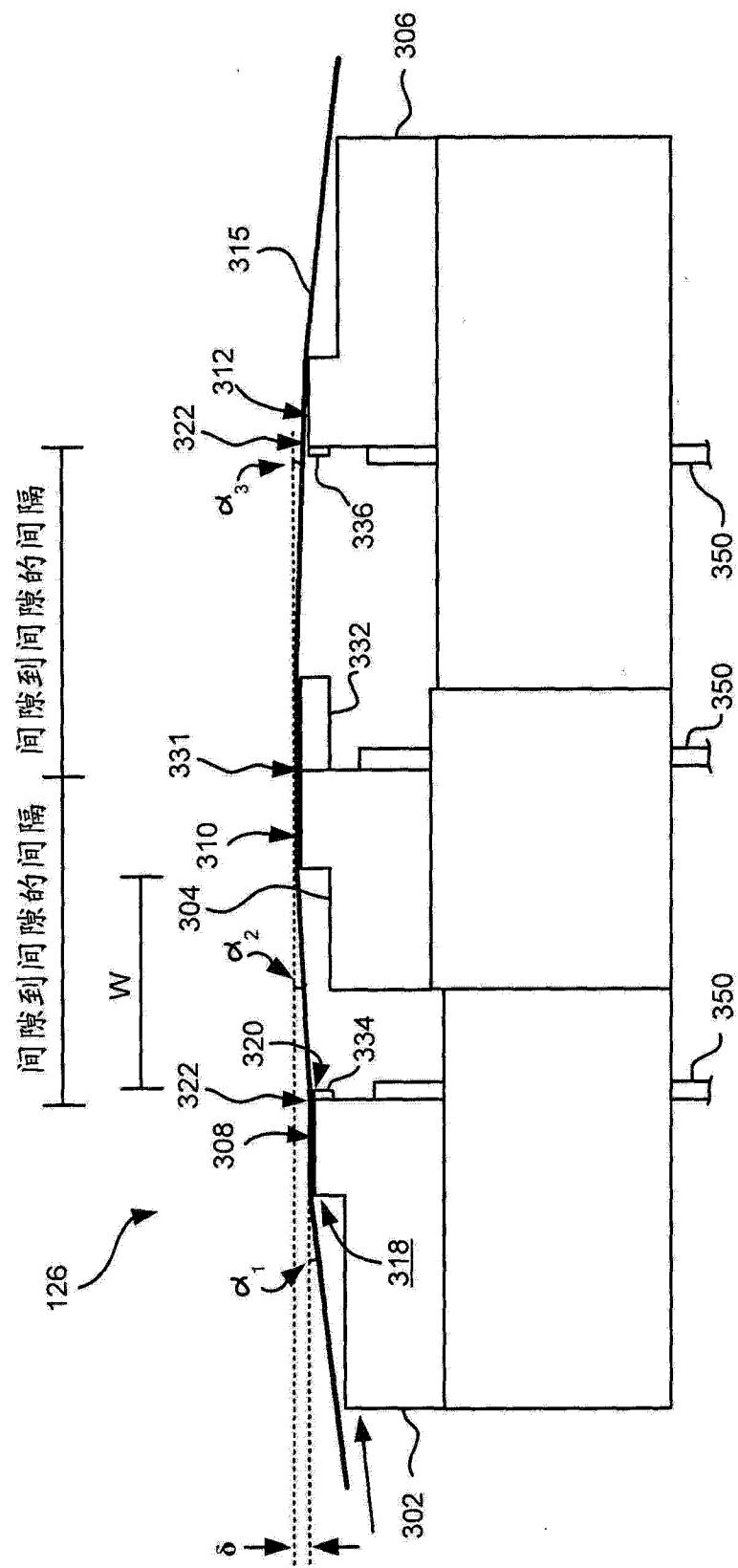


图 5

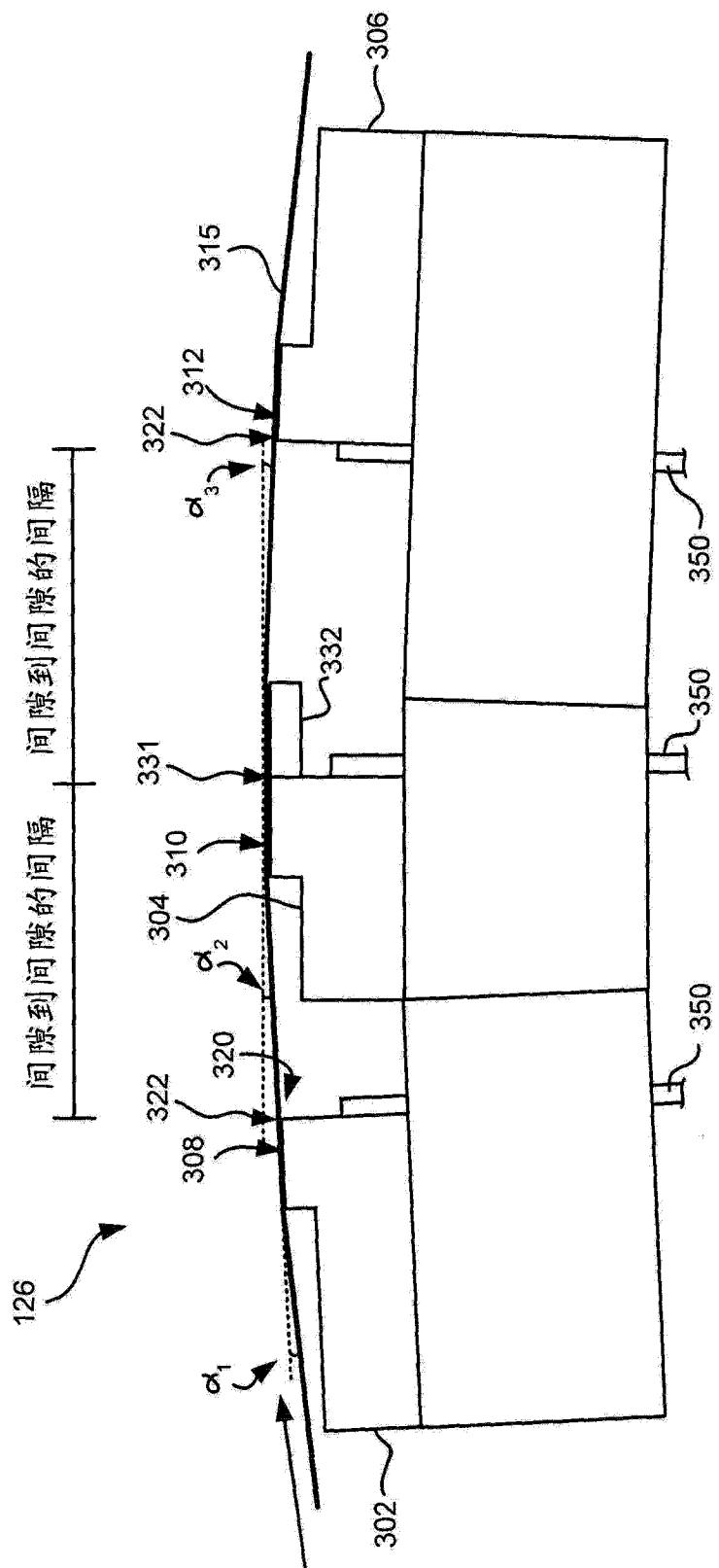


图 6

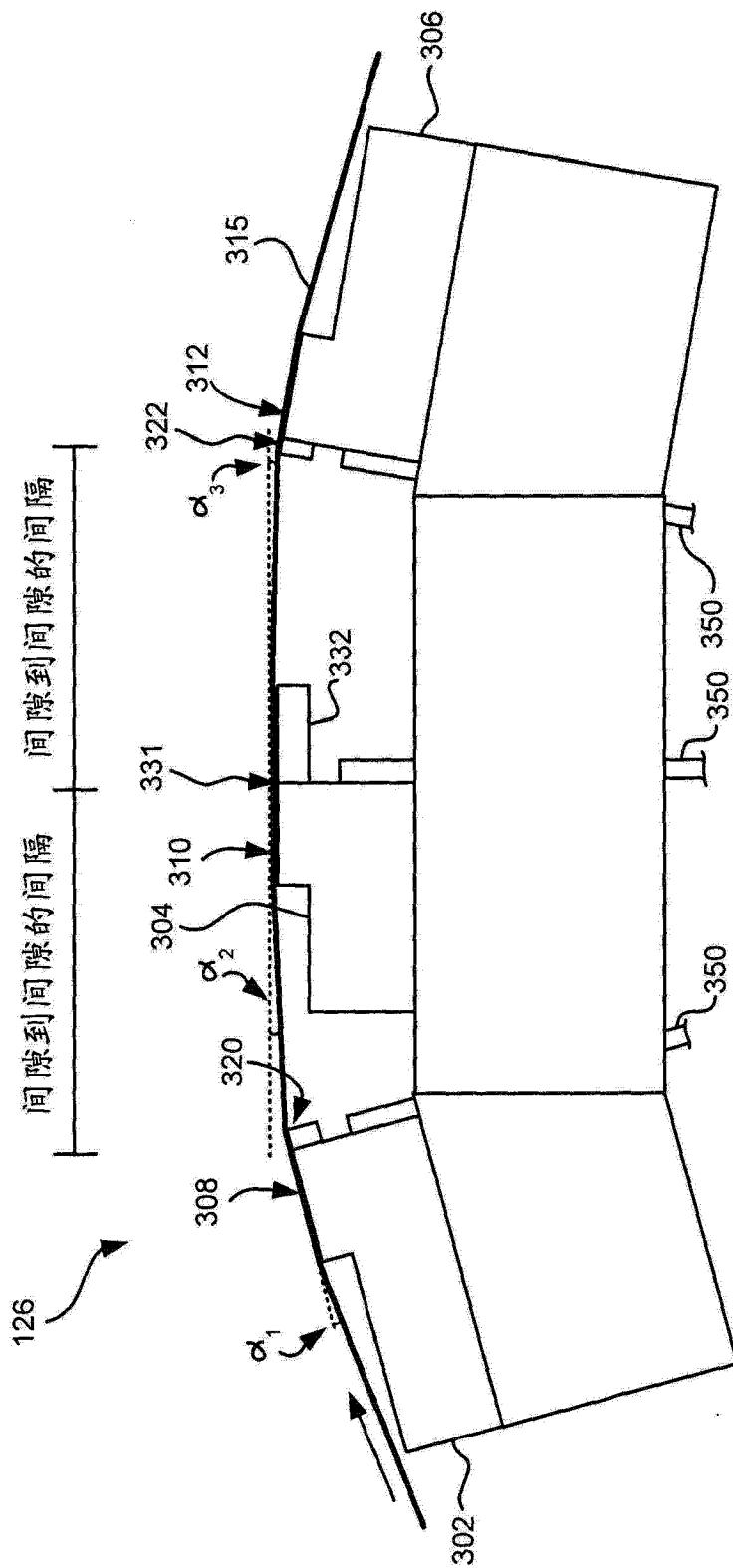


图 7

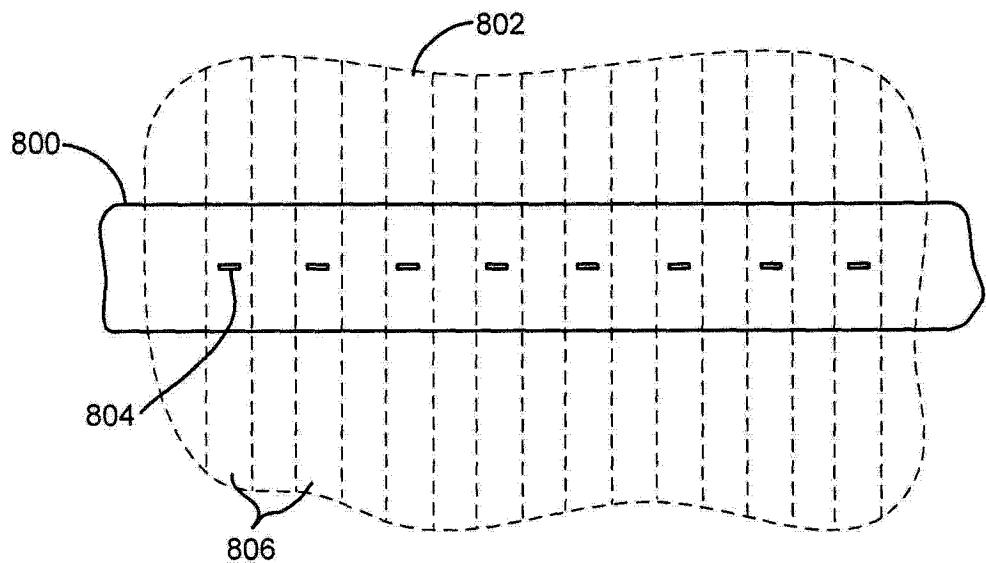


图 8A

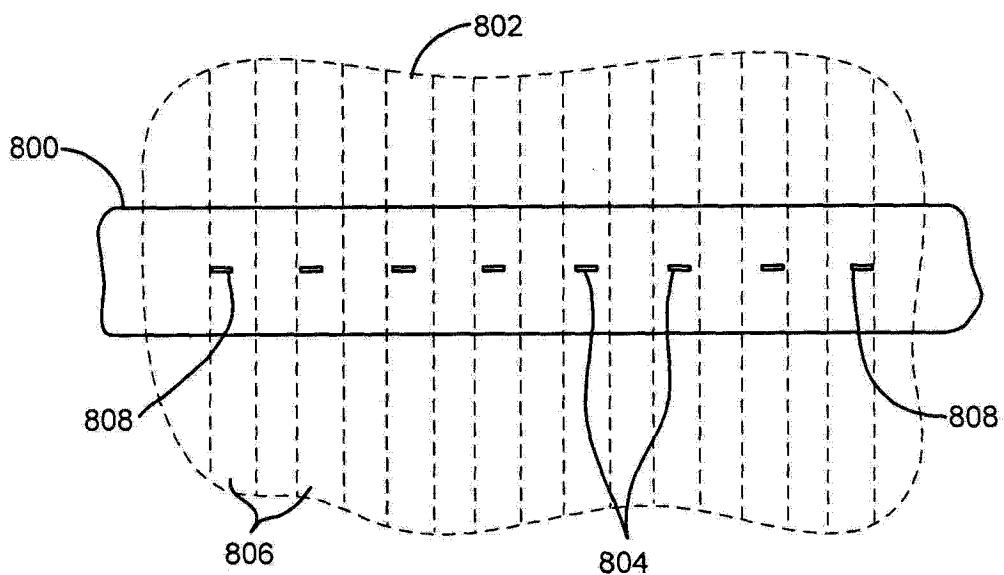


图 8B

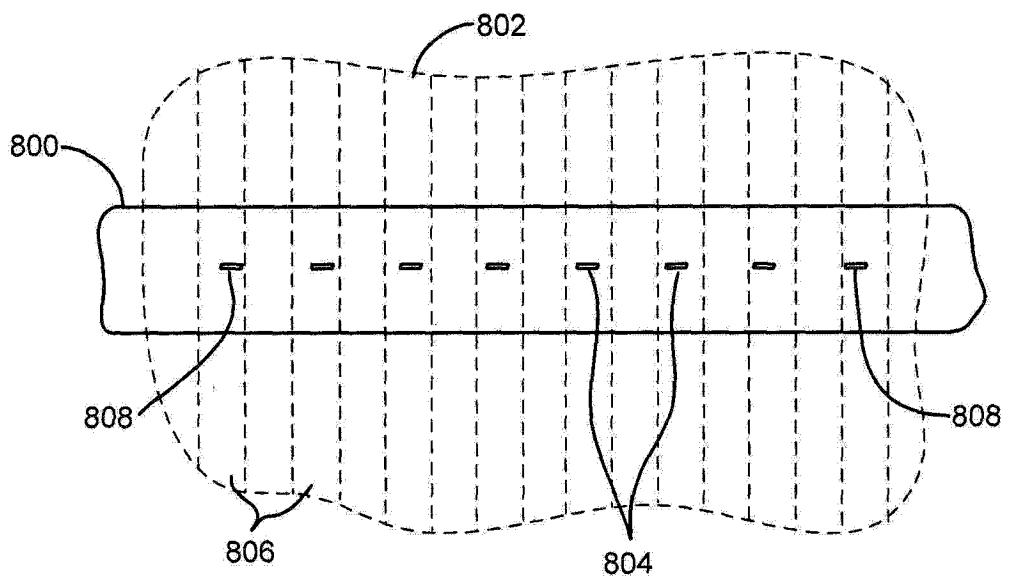


图 8C

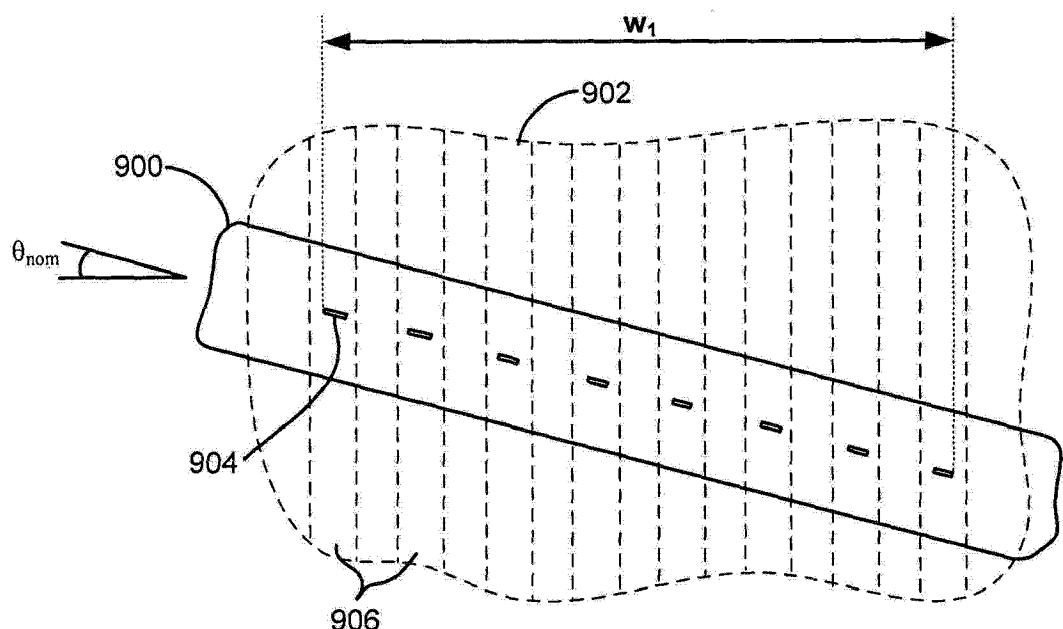


图 9A

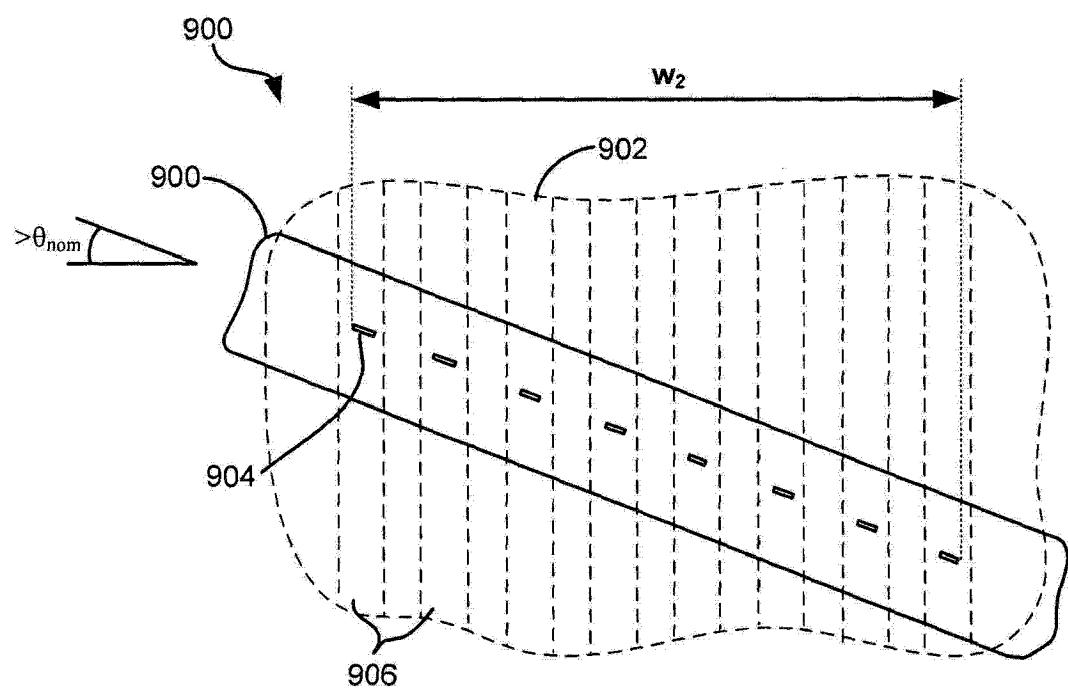


图 9B

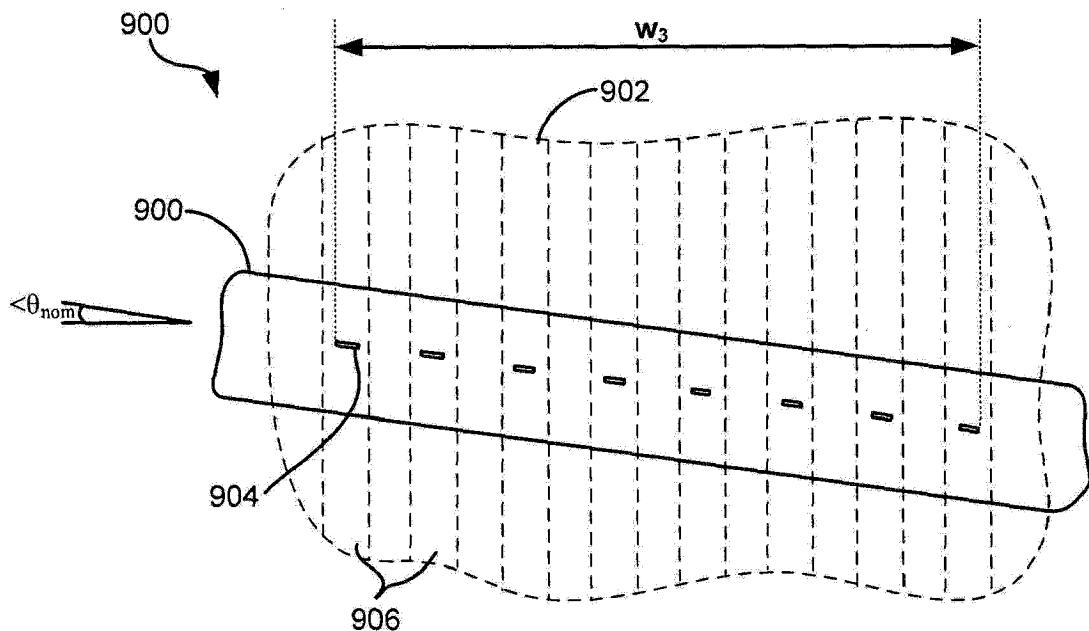


图 9C

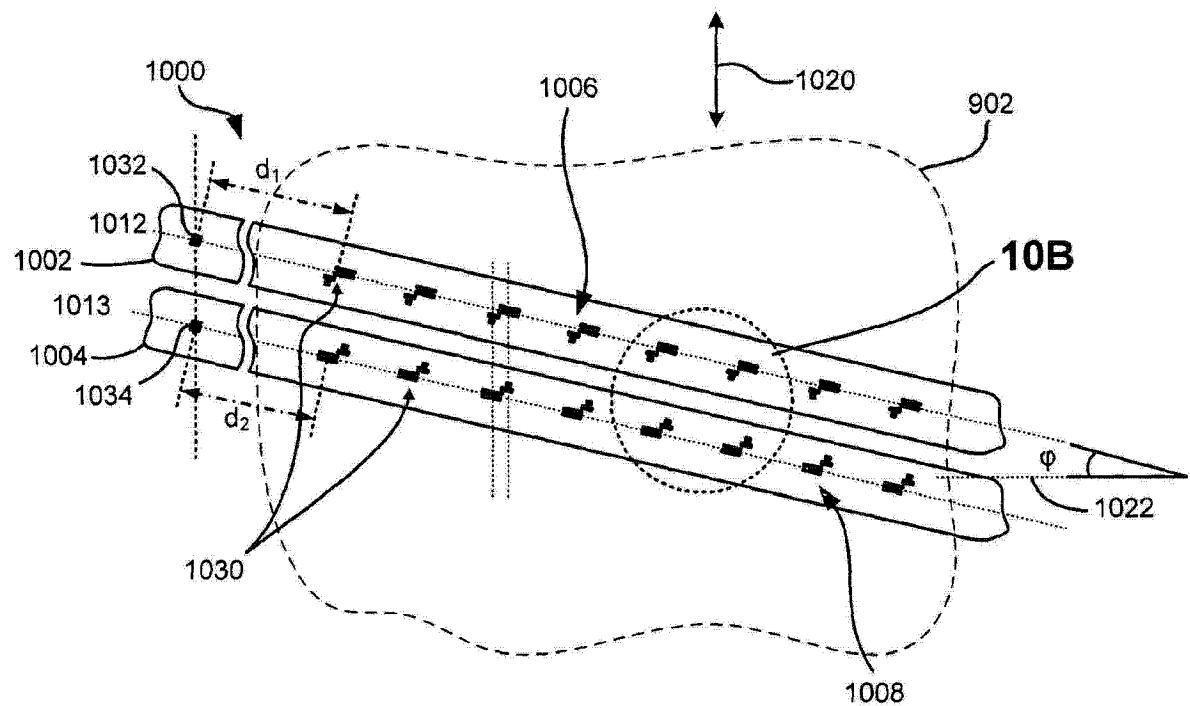


图 10A

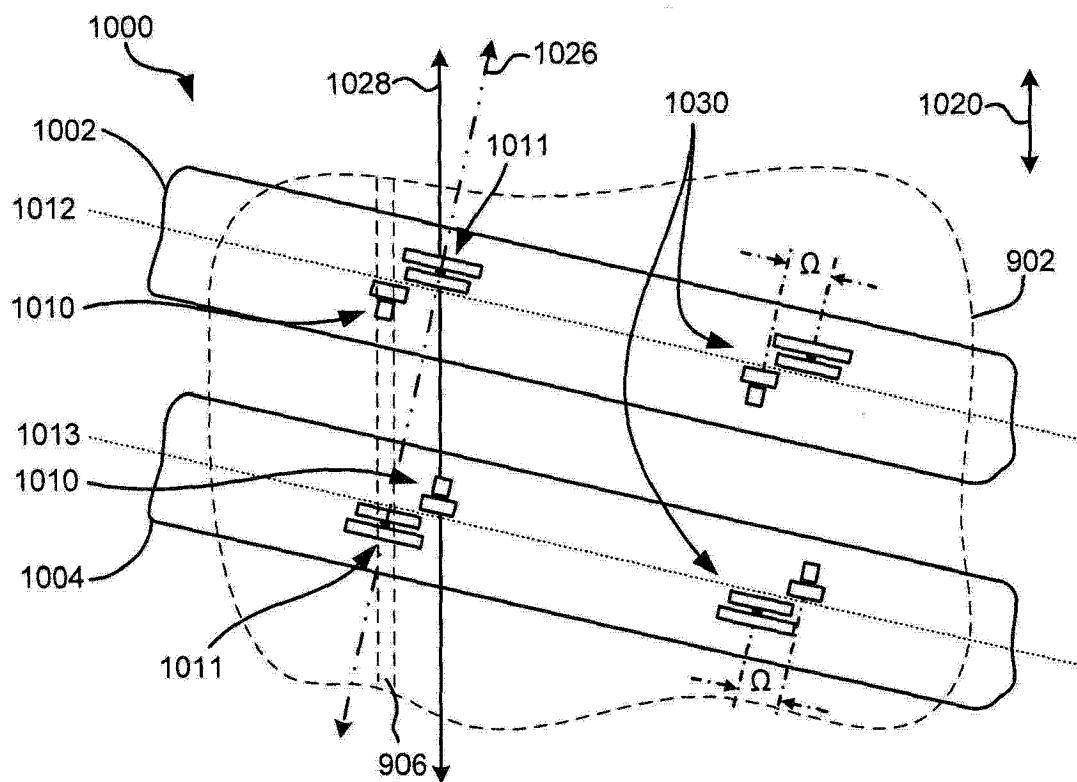


图 10B

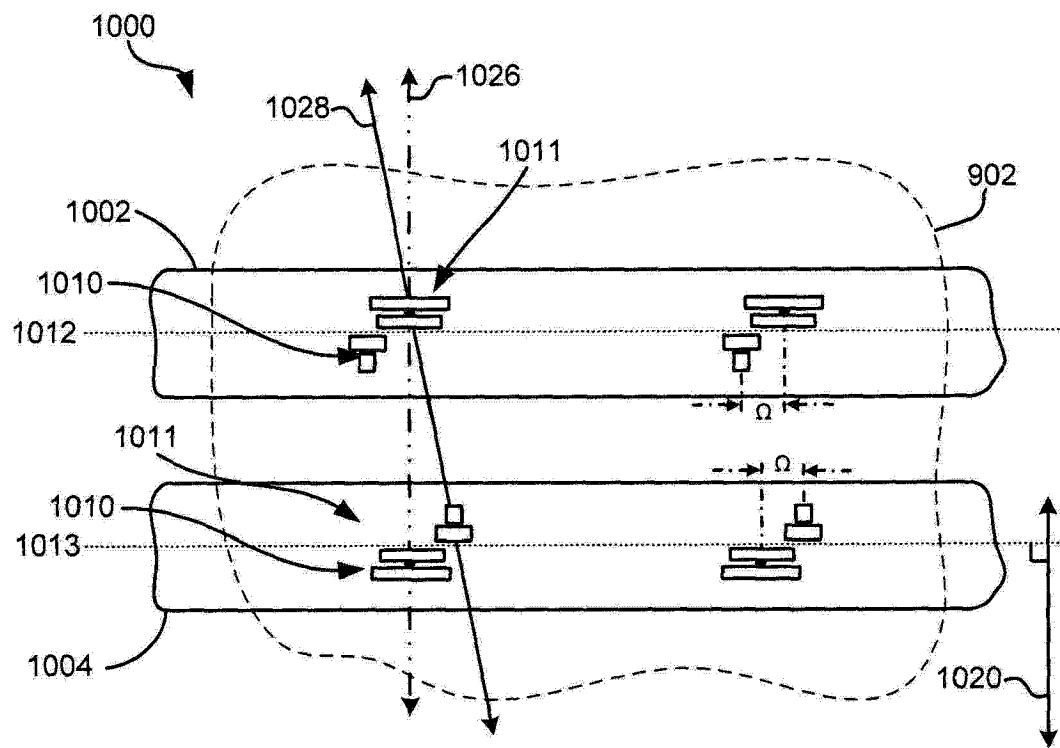


图 10C

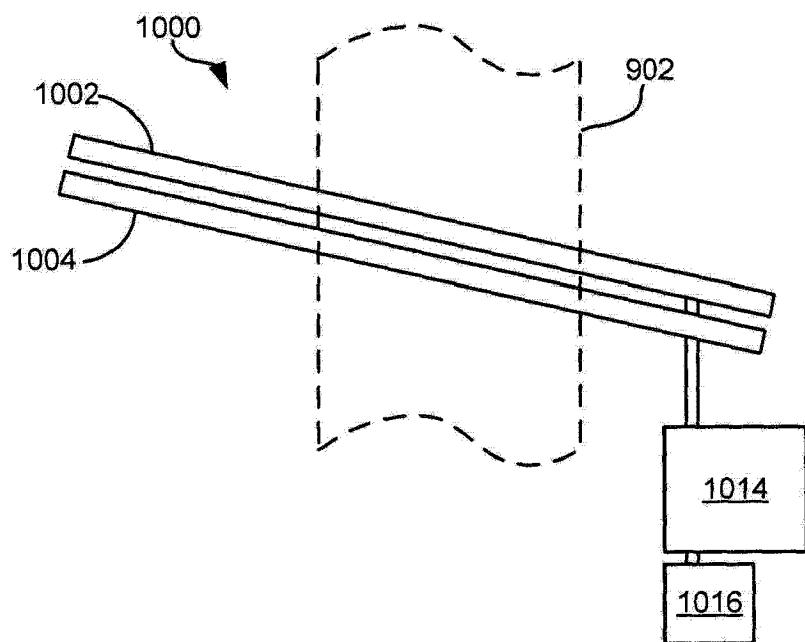


图 10D

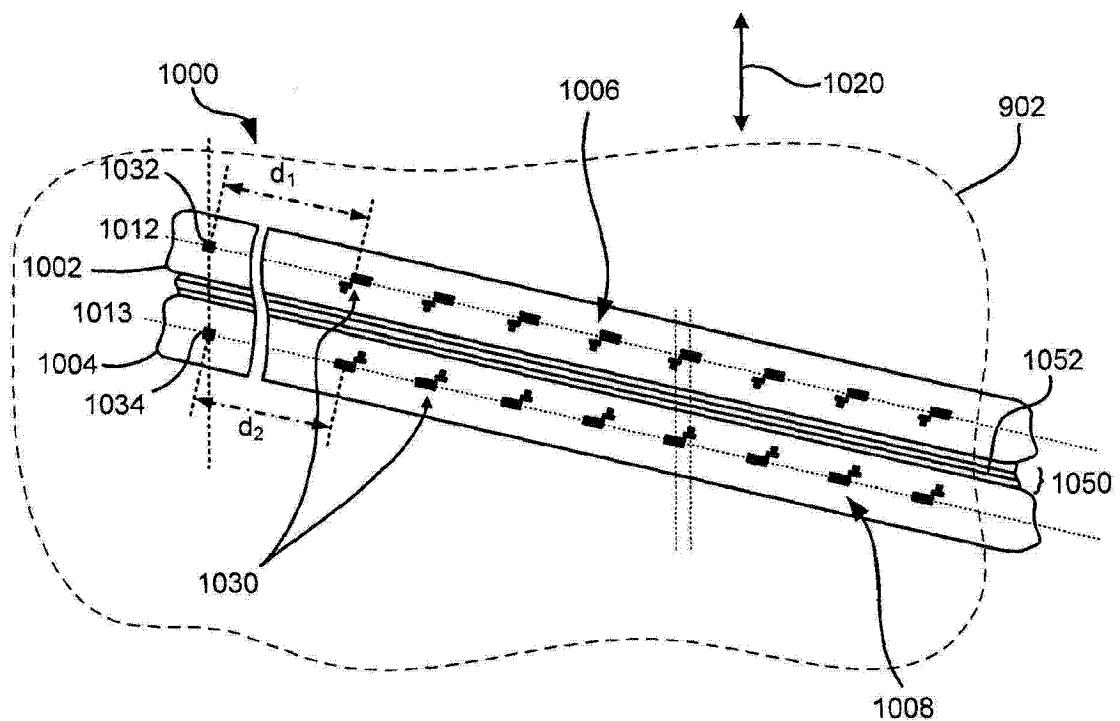


图 10E

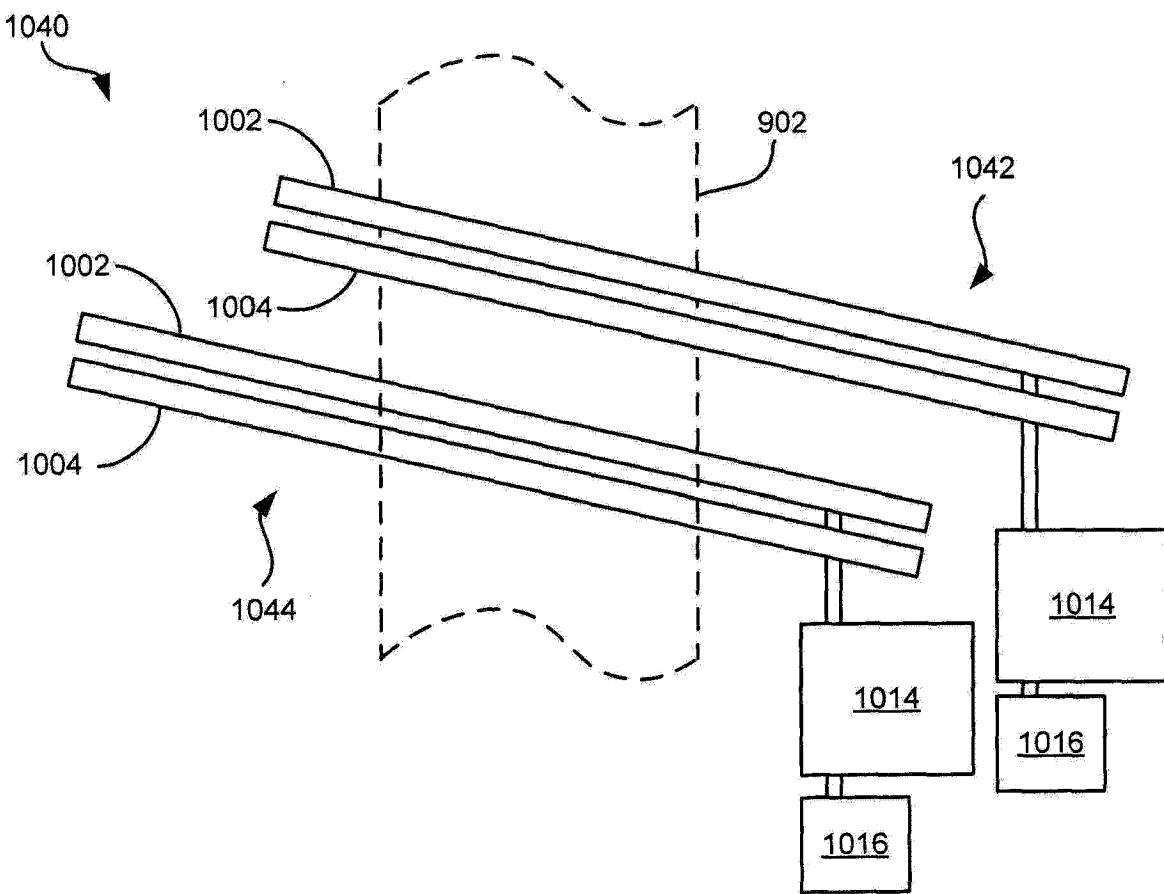


图 10F

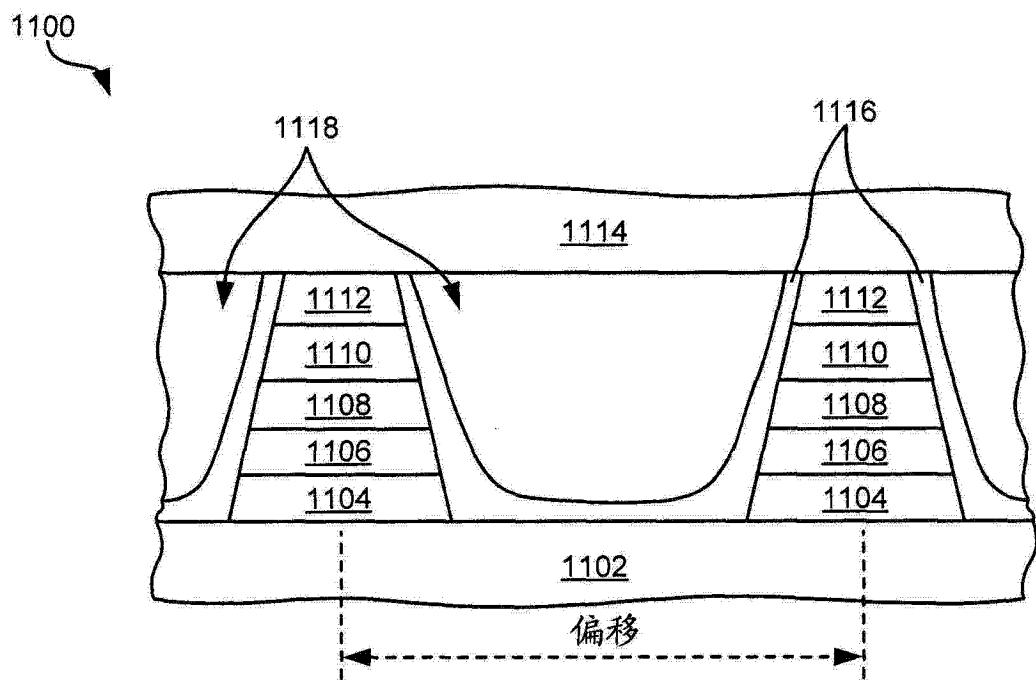


图 11A

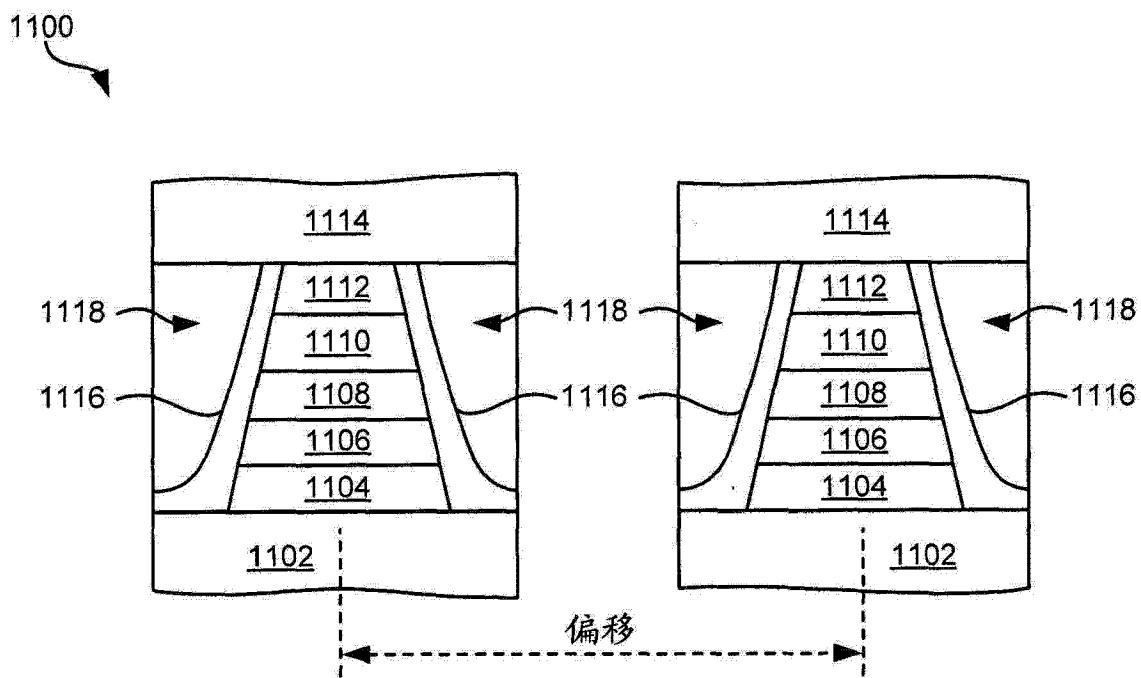


图 11B

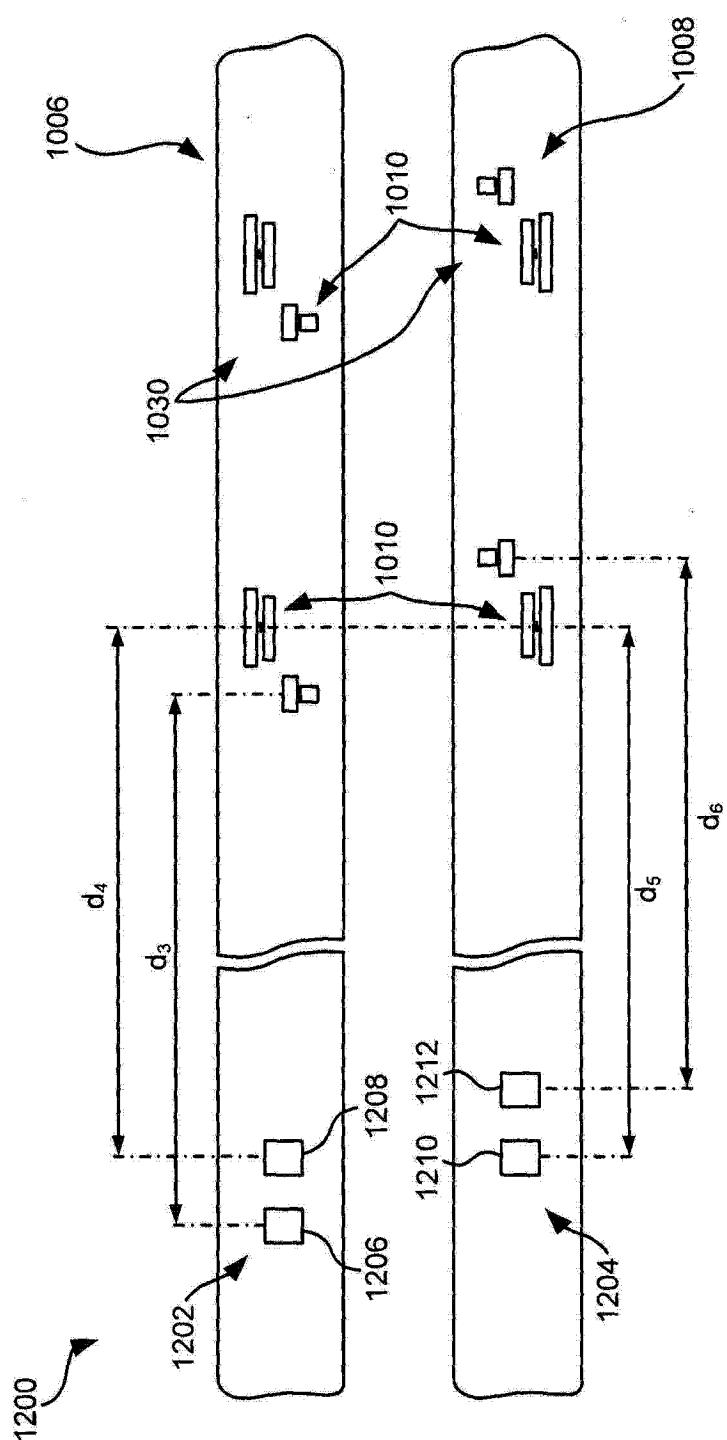


图 12