

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11C 11/15 (2006.01)

H01L 43/00 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03119936.4

[45] 授权公告日 2008年9月17日

[11] 授权公告号 CN 100419902C

[22] 申请日 2003.3.6 [21] 申请号 03119936.4

[30] 优先权

[32] 2002.3.6 [33] US [31] 10/093344

[73] 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 M·沙马 L·T·特兰

[56] 参考文献

US20010007532A1 2001.7.12

US6166948A 2000.12.26

US5841692A 1998.11.24

审查员 刘浩然

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 张波

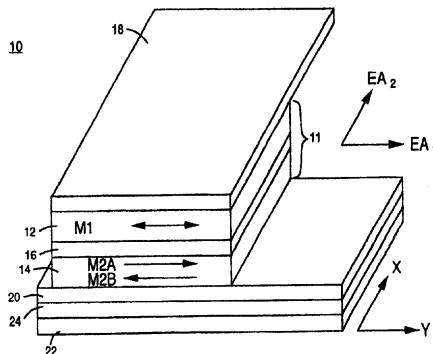
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

[54] 发明名称

用于磁性存储装置的合成铁磁体参考层

[57] 摘要

一种用于磁性存储装置的合成铁磁体参考层(14)。此参考层(14)具有第一和第二磁性材料层(50, 52)，它们可操作地沿第一和第二磁性取向被磁化。位于磁性材料层(50, 52)之间的隔离层(16)的尺寸被适当地确定，以使磁性层(50, 52)沿相反方向磁耦合。各磁性材料层(50, 52)具有基本相同的矫顽磁性。



1. 一种用于磁性存储装置的参考层，其包括：

第一磁性材料层（50），其可操作地沿第一磁性取向和第二磁性取向被磁化；

第二磁性材料层（52），其可操作地沿第一磁性取向和第二磁性取向被磁化；

上述第一层（50）和第二层（52）具有相同的矫顽磁性；和

在所述第一层（50）和第二层（52）之间的隔离层（16），该隔离层的尺寸适当地确定成，以使所述第一层（50）和第二（52）层沿相反的方向磁耦合，

其中，第一层（51）和第二层（52）具有相同的厚度。

2. 如权利要求1所述的参考层，其特征在于，所述第一层（50）和第二层（52）是这样构造的，即，使得它们的磁性取向趋于与外加磁场方向正交。

3. 如权利要求1所述的参考层，其特征在于，所述第一层（50）和第二层（52）是铁磁层。

4. 如权利要求1所述的参考层，其特征在于，所述隔离层（16）是导电且不导磁的。

5. 一种磁性存储装置，其包括：

合成的铁磁体参考层（14）；

数据层（12），其具有第一磁性取向和第二磁性取向；

处于参考层（14）和数据层（12）之间的隧道层（16）；

该参考层（14）包括：

第一磁性材料层（50）；

第二磁性材料层（52）；

该第一层（50）和第二层（52）可操作地被磁化，使得参考层（14）的净磁矩基本为零；

位于所述第一层（50）和第二层（52）之间的隔离层（16），其尺寸确定成使所述第一层（50）和第二层（52）沿相反的方向磁耦合；以及

该参考层（14）具有两个稳定的磁性取向，在第一稳定状态下，所述第

一层(50)沿第一方向,而所述第二层(52)沿相反的方向;在第二稳定状态下,所述第一层(50)沿所述相反的方向,而所述第二层(52)沿所述第一方向,且所述各个方向都基本与外加场正交。

6. 如权利要求5所述的装置,其特征在于,其还包括用于在所述第二层(52)中产生磁性取向的装置,该取向基本平行或反向平行于所述数据层(12)的所述磁性取向。

7. 如权利要求5所述的装置,其特征在于,所述第二层(52)相对于所述数据层(12)定位,使得两个稳定磁性取向包括相对于所述数据层(12)内的所述磁性取向的第一角度范围和第二角度范围,并且所述隔离层(16)两端的阻抗具有与所述两个稳定取向相应的第一阻抗和第二阻抗。

8. 一种用于磁性存储装置的合成的铁磁体参考层,其包括:

多个磁性材料层(50,52),它们具有第一磁性取向和第二磁性取向;

至少一个隔离层(16),其位于上述多个层(50,52)的相邻层之间,该至少一个隔离层的尺寸适当地确定成,使得所述相邻层沿相反的方向磁耦合;以及

所述多个磁性材料层(50,52)可操作地被磁化,以使得所述参考层(14)的净磁矩基本为零。

9. 如权利要求8所述的参考层,其特征在于,所述多个磁性材料层(50,52)如此构造,即,使得它们的磁性取向趋于与外加磁场的方向基本上正交。

## 用于磁性存储装置的合成铁磁体参考层

### 技术领域

本发明涉及磁性存储装置的领域。更具体地说，本发明涉及一种用于磁性存储装置的合成铁磁体参考层。

### 背景技术

磁性随机存取存储器 (MRAM) 是一种永久型存储器，它消耗的功率比短期存储器 (如 DRAM (动态随机存取存储器)，SRAM (静态随机存取存储器) 和瞬时存储器) 要少。MRAM 的读写速度比普通长期存储装置 (如硬盘驱动器) 快得多 (快几个数量级)。此外，MRAM 较紧凑，而且消耗的功率也比硬盘驱动器少。

典型的 MRAM 装置包括一个存储单元阵列，沿此存储单元行伸展的字线，和沿其列伸展的位线。每个存储单元处于字线和位线的交汇点上。

存储单元可能是基于隧道磁阻装置 (TMR)，例如与旋动有关的隧道 (SDT) 结。典型的 SDT 结包含一个闭合 (Pinned) 层，一个读出 (Sense) 层，和一个夹在闭合层和读出层之间的绝缘隧道势垒。闭合层的磁化方向是固定的，在涉及范围内不因外加磁场的存在而旋转。读出层可以在两个方向中的一个方向磁化：与闭合层同样的磁化方向或与闭合层相反的磁化方向。如果闭合层和读出层的磁化方向相同，则把 SDT 结的取向称作“平行”。若两者磁化方向相反，则把 SDT 结的取向称作“反向平行”。这两个规定的取向 (平行或反向平行) 可能相当于逻辑值“0”和“1”。

闭合层的磁化方向可以采用一个在下面的反铁磁 (AF) 性固定层来固定。AF 性固定层提供一个较大的交换场，它使闭合层保持在一个方向磁化。在 AF 层下面一般为第一种子层和第二种子层。第一种子层可以让第二种子层沿着晶体结构的方向生长。第二种子层为 AF 固定层建立晶体结构取向。

在某些常规型磁阻存储装置中，闭合层具有一个净磁矩，这会导致一个不希望有的效果。其中之一是去磁磁场效应。例如，闭合层的

磁性层与读出层相接触并相互作用。当读出层通过其磁化方向贮存信息时，显然必须使它的磁化方向保持不变。因此，来自闭合层的磁场的相互作用可能会引起数据丢失，（如果这个磁场太强的话）。第二个问题是，存在来自闭合层的磁场需要采用一个非对称磁场来转换数据层的状态，这将增加写入过程的复杂性。还有一个问题是，写入过程中容许的杂散磁场降低了。

由于希望制造大容量的存储器，就要求加工尽可能密集的存储单元阵列。然而，所有参考层的累积去磁效应可能会限制存储单元的封装密度。

闭合结构的另一个缺点是，实现固定（例如 AF 固定层和种子层）所需的材料的加工既复杂又昂贵。

因此，需要有一种采用磁阻存储单元的信息存贮装置。另外，还要求这种装置中的去磁磁场最小化，这种去磁磁场在常规磁性存储装置中可能都存在。还需要提供一种装置，其与常规磁性存储装置相比制造更经济并且使用更少更简单的材料。

## 发明内容

据此，本发明的各种具体实施形式提供了一种用于磁性存储装置的合成的铁磁体参考层。本发明的各种具体实施形式提供了这样一种装置，其中使得在常规磁性存储装置中都存在的去磁磁场最小化。披露了一种用于磁性存储装置的合成铁磁体参考层。此参考层具有第一和第二磁性材料，它们可操作地沿第一和第二磁性取向被磁化。隔离层位于各磁性材料层之间，其尺寸被适当地确定，以使磁性层沿相反的方向磁耦合。各磁性材料层基本上具有同样的矫顽磁性。

## 附图说明

作为本发明的说明书的一部分的附图描述了各具体实施形式，并结合下面的描述解析了本发明的原理，附图中：

图 1 是按本发明具体实施形式的磁性存储装置的示意图。

图 2A 和 2B 是按本发明的具体实施形式的参考层的示意图。

图 3A 是按本发明的具体实施形式的参考层的磁滞回线的示意图。

图 3B 是按本发明的具体实施形式的参考层的图 3A 所示的磁滞回

线的放大示意图。

图 4A 和 4B 是按本发明的具体实施形式的参考层的示意图。

图 5 是按本发明的具体实施形式的读取磁性存储装置上一个信息位的步骤流程图。

图 6 是按本发明的具体实施形式的磁性存储装置示意图。

### 具体实施方式

在下面对本发明的详细描述中，提供了大量的具体细节，以便对本发明有一个全面的了解。然而，本领域的普通技术人员显然明白，不采用这些细节或者采用替代的元件或方法也可以实施本发明。在其它的情况下，没有详细描述那些已知的方法、过程、元件和电路，以免不必要地使本发明的特征不明显。

参看图 1，磁性存储装置 10 包括一磁性隧道结 11，该磁性隧道结包含一数据层 12，一参考层 14，和一处在这两层之间的隧道势垒 16。这两层 12 和 14 都可由铁磁材料制成。数据层 12 可具有沿两个方向中的任何一个方向取向的磁化强度（以矢量  $M_1$  表示），该方向通常沿着数据层的易磁化轴（ $EA_1$ ）。

可以把参考层 14 构造成以使其具有基本为 0 的净磁矩。因此，可以说参考层 14 的净磁化矢量基本为 0。但是，参考层 14 也可以有多个磁化矢量，例如磁化矢量  $M_{2A}$  和  $M_{2B}$ 。这两个矢量可以相等而相反，从而在某个距离处彼此抵消。不过磁化矢量  $M_{2A}$  离隧道势垒 16 可能比磁化矢量  $M_{2B}$  要近。这两个磁化矢量  $M_{2A}$  和  $M_{2B}$  可以取向成沿两个方向中的任何一个，一般是沿  $y$  轴。但是，磁化矢量  $M_{2A}$  和  $M_{2B}$  不一定与参考层 14 的易磁化轴（ $EA_2$ ）正交。

如果数据层 12 和参考层 14 的磁化矢量（ $M_1$  和  $M_{2A}$ ）指向同一方向，则可把磁性隧道结 11 的取向称为“平行的”。若它们指向相反的方向，则把磁性隧道结 11 的取向称为“反向平行的”。这两个取向，即平行和反向平行，相当于逻辑值“0”和“1”。究竟哪个取向代表哪个逻辑值是任意的。

绝缘隧道势垒 16 可以让数据层 12 和参考层 14 之间发生量子力学隧道效应。这个隧道效应现象与电子旋动有关，它使得磁性隧道结 11 的阻抗成为数据层 12 和参考层 14 的磁化矢量（ $M_1$  和  $M_{2A}$ ）的相对取向

的函数。因此，通过把数据层 12 和参考层 14 的磁化取向建立成不相同就可以贮存一个位。例如，若磁性隧道结 11 的磁化取向是平行的，磁性隧道结 11 的阻抗为第一个值 ( $R$ )，则当磁化取向反向平行时，阻抗为第二个值 ( $R + \Delta R$ )。但是，本发明并不限定这两层彼此相对的磁化取向要么是平行的，要么是反向平行的。更一般而言，可以把每层的磁化取向选定成，以使对于两种不同状态的层之间测量的阻抗不相同。两种稳定的取向可能包括数据层 12 和参考层 14 的磁取向磁化矢量 ( $M_1$  和  $M_2$ ) 之间的第一角度范围和第二角度范围，其中隧道层两端的阻抗具有与两种稳定取向相应的第一和第二阻抗。

绝缘隧道势垒 16 可以用氧化铝 ( $Al_2O_3$ )、二氧化硅 ( $SiO_2$ )、氧化钽 ( $Ta_2O_5$ )、氮化硅 ( $SiN_4$ )、氮化铝 ( $AlN_x$ )，或氧化镁 ( $MgO$ ) 来制造。也可以用其它的电介质和某些半导体材料。绝缘隧道势垒 16 的厚度可从 0.5 纳米左右至 3 纳米左右。不过本发明并不限定在这个范围。

数据层 12 可用铁磁材料来做。参考层 14 可以采用合成铁磁体 (SF)，也称为人造反铁磁体。

沿 y-轴伸展的第一导体 18 与数据层 12 相接触。沿 x-轴伸展的第二导体 20 与参考层 14 相接触。所示的第一导体 18 和第二导体 20 是相互正交的。但本发明不只限于正交的排列方向。在第二导体 20 下面是第三导体 22，它也是沿 x-轴伸展的。电绝缘体 24 (例如一层电介质材料) 将第二导体 20 和第三导体 22 隔开。导体 18、20 和 22 可用导电材料 (如铝、铜、金或银) 制造。

现在来看图 2A 和 2B，合成的铁磁体参考层 14 可包含第一和第二铁磁体层 50 和 52，其间用隔离层 54 (如金属隔离层) 隔开。铁磁层 50 和 52 可用钴铁 (CoFe)、镍铁 (NiFe)、钴 (Co) 等材料制造，隔离层 54 可用导电而不导磁的材料来制造，例如钌 (Ru)、铼 (Re)、铑 (Rh)、铜 (Cu)、碲 (Te)、铬 (Cr) 等。

可以把隔离层 54 的尺寸 (如厚度) 选定成，以便让第一和第二铁磁体层 50、52 互相耦合，使它们的磁性取向为反向平行的，如图 2A 和 2B 所示。该厚度取决于制造隔离层 54 的材料。在一个具体实施形式中，此厚度可能在 0.2nm 至 2nm 之间。但是，可能其它的厚度对于使两个铁磁层 50 和 52 耦合更合适。

例如，上铁磁层 52 (M2A) 的磁化矢量在图 2A 中沿着负 y-轴，而下铁磁层 50 (M2B) 的磁化矢量是沿正 y-轴。

非常低的矫顽磁性使得 SF 参考层 14 的磁化矢量 (M2A 和 M2B) 很容易在图 2 和 2B 所示的排列方向之间转变。实际上，铁磁层 50 和 52 的磁化矢量 M2A 和 M2B 的取向在施加磁场之前可以是任意方向。一旦施加了磁场，它们的取向就确定了。只需要在铁磁层 50 和 52 上施加一个很小的磁场，就可以迫使磁化矢量 M2A 和 M2B 成为图 2A 或 2B 所示的那种已知位置 (即与外加磁场正交)。

在本发明的某些具体实施形式中，合成的铁磁体参考层 14 包含两个以上的铁磁层。在这些实施形式中，相邻的铁磁层可以用隔离层 54 连接在一起，而且它们的磁性取向可以相反。合成的铁磁体参考层 14 的净磁矩基本为零。在一些具体实施形式中，合成铁磁体参考层 14 中的铁磁层数可以是双数和单数。

图 3A 为一种合成的铁磁体参考层 14 (其示例性的尺寸和材料为 3nm 的 CoFe/0.75nm 的 Ru/3nm 的 CoFe) 的典型磁滞回线。每一个独立的铁磁层 50、52 的矫顽磁性约为 10-100 奥斯特 (即约 800-8000 安培/米)，而且具有相似的磁滞回线。不过，本发明并不限于这个范围内的矫顽磁性。两个铁磁层 50 和 52 的矫顽磁性可以基本相同。这可以用同一厚度的相同材料来得到；但本发明并不限制只有这种实现大致相同的矫顽磁性的方法。另外，也不要求每个铁磁层具有相同的矫顽磁性。对于具有两个以上的铁磁层的实施形式，各铁磁层的组合的矫顽磁性使得参考层 14 的净磁矩基本为 0。

如图所示，组合的铁磁层 50 和 52 的磁滞回线通过净磁矩为 0 的原点。对于具有两个以上的铁磁层的实施形式，铁磁层的组合磁矩使得参考层 14 的净磁矩基本为 0。因此，在某些具体实施形式中，各铁磁层不具有相同的磁矩。

两个铁磁层 50 和 52 的磁化矢量 M2A, M2B 之间的交互耦合可能很强。因此，需要很强的磁场才能使铁磁层 50 和 52 的磁化矢量 M2A、M2B 饱和。例如，可能需要 4000 奥斯特 (即  $3.2 \times 10^5$  安/米) 的磁场才能使两个铁磁层 50 和 52 沿同一方向完全地旋转。通过选择适当的厚度和材料的隔离层 54，以便使交互耦合适当地较强，以致在正常工作条件下几乎不发生什么旋转，而且铁磁层 50 和 52 的指向相差 180 度。



仍然参看图 3A, 当铁磁层 50 和 52 处于比较高的磁场时, 它们可能旋转并沿外加磁场的方向取向。这在图中由在磁滞回线下  $H_s$  很大(正或负)的点处的平行双箭头来表示。这一点在图 4A 和 4B 中也有说明, 图中磁化矢量  $M_{2A}$  和  $M_{2B}$  平行于外加磁场 ( $H$ )。使两个铁磁层 50 和 52 饱和所需的磁场比通常用于读取磁阻装置的磁场大得多。

在较低的磁场下, 可能存在两个稳定的磁化取向, 而且它们可能与外加场正交。再参照图 3, 在靠近  $y$  轴处, 用两个分别向上和向下的箭头来表明铁磁层 50 和 52 的磁化矢量是与外加磁场正交的。

图 3B 表示图 3A 的磁滞回线在低的外加磁场下的详细情况。在磁阻装置中用于读取和写入的典型磁场下, 离开磁性矢量  $M_{2A}$  和  $M_{2B}$  之间  $180^\circ$  的旋转量可能很小。例如, 当外加磁场约为 100 奥斯特 (8000 安/米) 时,  $\theta$  角可能只有 2 度左右。 $\theta$  是磁矢量  $M_{2A}$  和  $M_{2B}$  偏离与外加场正交的角度。因此, 在正常工作条件下, 磁矢量是近似与外加场正交的。这种状态在图 2A 和 2B 中也表示出来了。

现在来看图 5 的流程图, 这是一个提供操作磁性存储装置的方法的具体实施例。步骤 510 将信息位储存在数据层 12 中。这可以通过向选择的字线 18 和/或位线 20 施加一个或多个电流以在数据层 12 中建立磁化矢量  $M_1$  来实现。此时铁磁层 50 和 52 的磁性取向  $M_{2A}$ ,  $M_{2B}$  无关紧要, 因为它们可以在以后再确定。

例如, 在一种实施形式中, 可通过将写入电流加到第一导体 18 和第二导体 20 上以便把数据写入磁性隧道结 11。供给第一导体 18 的电流产生一个围绕第一导体 18 的磁场, 而供给第二导体 20 的电流产生一个围绕第二导体 20 的磁场。这两个磁场组合之后超过数据层 12 的矫顽磁性, 从而使数据层 12 的磁化矢量 ( $M_1$ ) 沿着所希望的取向而设定, (此取向将取决于提供给第一导体 18 和第二导体 20 的电流的方向)。磁化将设定成沿着相当于逻辑“1”的取向, 或者沿着相当于逻辑“0”的取向。

在写入电流从导体 18 和 20 除去后, 数据层 12 的磁化矢量 ( $M_1$ ) 保持它的取向。铁磁层 50 和 52 的磁化矢量 ( $M_{2A}$  和  $M_{2B}$ ) 可能受到写入过程的影响, 而且可能保持或可能不保持该取向。若参考层 14 “特别软”, 则当写电流从第一和第二导体 18 和 20 除去时, 磁化矢量 ( $M_{2A}$  和  $M_{2B}$ ) 可能丢失它们的磁化取向。

在一种具体实施形式中，可能采用第三导体 22 来帮助写入操作。通过在写入操作中向第三导体 22 施加电流，围绕第三导体 22 所产生的磁场可以与其它两个磁场组合起来，以帮助沿所需取向设定数据层 12 的磁化矢量 ( $M_1$ )。

在步骤 520 中，向参考层 14 施加一个磁场，以在参考层 14 的一层（例如铁磁层 52）中建立一个磁性取向（如  $M_{2A}$ ），它基本上与磁场正交。参考层 14 本身具有第一层和第二层，它们具有基本相同的矫顽磁性并沿相反的方向磁耦合。参考层 14 的第一铁磁层 52 的磁性取向相对于数据层 12 的磁性取向  $M_1$  是基本平行的或是基本反向平行的。

举例来说，可以向第三导体 22 施加一个电流，并且这样产生的磁场使得铁磁层 50 和 52 的磁化矢量  $M_{2A}$  和  $M_{2B}$  呈现特定取向。由于第三导体 22 离铁磁层 50 和 52 中的一个比离另一个更远，磁性取向可以根据每个铁磁层 50、52 内的一个方向的择优选取而已知，这个方向部分地取决于通过第三导体 22 的电流的方向。所产生的磁场不影响数据层 12 的磁化矢量 ( $M_1$ )。另外，由于参考层 14 的矫顽磁性极低，第三导体电流的值可能较低。例如，均衡合成的铁磁体参考层 14 的矫顽磁性可能只有几个奥斯特（即几百安/米）。

在步骤 530 中，对第一铁磁层 52 和数据层 12 之间的阻抗进行测量，以确定数据层 12 的磁性取向  $M_1$ 。用这种方式来确定贮存在存储装置中的信息位。该步骤可以通过在向第三导体 22 施加电流的同时，向磁性隧道结 11 施加一个电压来完成。可以利用第一和第二导体 18 和 20 来向磁性隧道结 11 两端施加电压。此电压引起一个读出电流以流过磁性隧道结 11。读出电流 ( $I_s$ ) 反比于磁性隧道结 11 的阻抗。因此， $I_s = V/R$  或  $I_s = V/(R + \Delta R)$ ，式中  $V$  为外加电压， $I_s$  为被读出的电流， $R$  是装置 10 的正常阻抗， $\Delta R$  是平行磁化取向和反向平行磁化取向间的阻抗之差。

参考图 6，图中表示一个 MRAM（磁性随机存取存储器）装置 610，它包含磁性隧道结 11 的阵列 612。磁性隧道结 11 按行和列安排，行沿  $y$  方向伸展，列沿  $x$  方向伸展。为简单说明 MRAM 装置 610，图中只画了少数目的磁性隧道结 11。实际上，可以采用无论什么尺寸的阵列。

起到字线 18 作用的导电元件在阵列 612 的一个侧上的平面内沿着

x 轴伸展。字线 18 与磁性隧道结 11 的数据层 12 相接触。起到位线 20 作用的导电元件在阵列 612 的相邻侧上的平面内沿着 y 轴伸展。位线 20 与磁性隧道结 11 的参考层 14 相接触。对于阵列 612 的每一行可能有一个字线 18，而对于阵列 612 的每一列可能有一个位线 20。每个磁性存储隧道 11 位于字线 18 和位线 20 的交汇点上。

起到读出线 22 作用的导电元件也沿着 y 方向伸展。读出线 22 离隧道结可能比离位线 20 远些，而且可能与位线 20 绝缘。MRAM 装置还包含第一和第二两个行解码器 614a 和 614b，及第一和第二两个列解码器 616a 和 616b，还有一个读/写电路 618。读/写电路 618 包括一个读出放大器 620，接地连线 622，行电流源 624，电压源 626，和列电流源 628。

在一个选定的磁性隧道结 11 上进行写入过程中，第一行解码器 614a 将选定的字线 18 的一端与行电流源 624 相连接，第二行解码器 614b 将选定的字线的另一端与地相连接，第一列解码的 616a 将选定的位线 20 的一端与地相连接，第二列解码器 616b 将选定的位线 20 的另一端与列电流源 628 相连接。结果写入电流就流过选定的字和位线 18 和 20。写入电流产生一个磁场，使磁性隧道结 11 换向。列解码器 616a 和 616b 也可以引起一个写入电流，流过的与选定的磁性隧道结相交的读出线 22。此第三写入电流产生一个附加磁场，帮助转换选定的磁性隧道结 11。

数据层 12 的易磁化轴可能沿着 y 方向。因而各数据层 12 可能在 y 方向具有它们的磁性矢量。

在一个选定的磁性隧道结 11 上进行读出的过程中，第一和第二列解码器 616a 和 616b 可能引起一个稳态读出（参考）电流，流过的与选定的磁性隧道结 11 相交的读出线 22。此读出电流将产生一个磁场，使得磁化矢量 M2A 和 M2B 沿平行于字线 18 的方向取向。

当读出电流仍然施加的同时，第一行解码器 614a 将电压源 626 与一选定的字线 18 相连接，第一列解码器 616a 将一个选定的位线 20 与读出放大器 620 的虚地输入端相连接。结果，读出电流经选定磁性隧道结 11 流至读出放大器 620 的输入端。按这种方式可以确定该选定磁性隧道结 11 的阻抗。但是，本发明并不限于只有这种确定磁性隧道结 11 的阻抗的方法。

至此描述过的磁性隧道结 11 包含许多独立的参考层 14, 每一个参考层 14 具有与之相应的数据层 12 和隧道势垒 16 相同的几何形状。但是, 本发明并不限于只具有与数据层和隧道势垒相同几何形状的参考层 14。参考层 14 也可以与字和位线 18 和 20 具有相同的几何形状, 或者其它形状。

虽然本发明通过一些特定的具体实施形式来对本发明加以描述, 但应指出, 并不能因此认为本发明只限于这些具体实施形式, 而应该按照下面的权利要求书来规定本发明的范围。

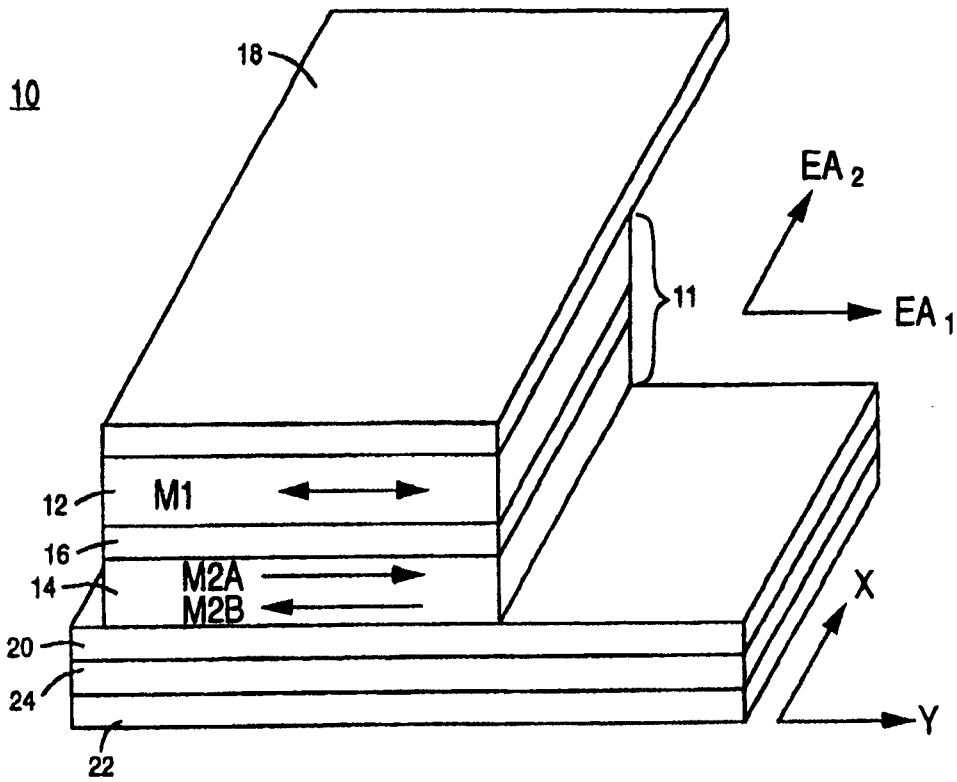


图 1

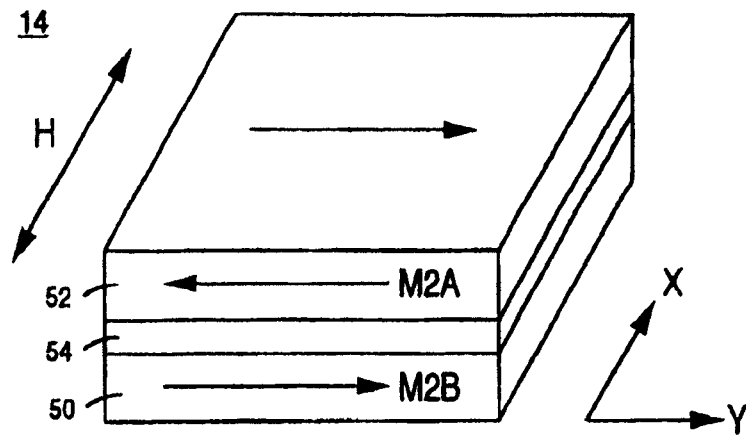


图 2A

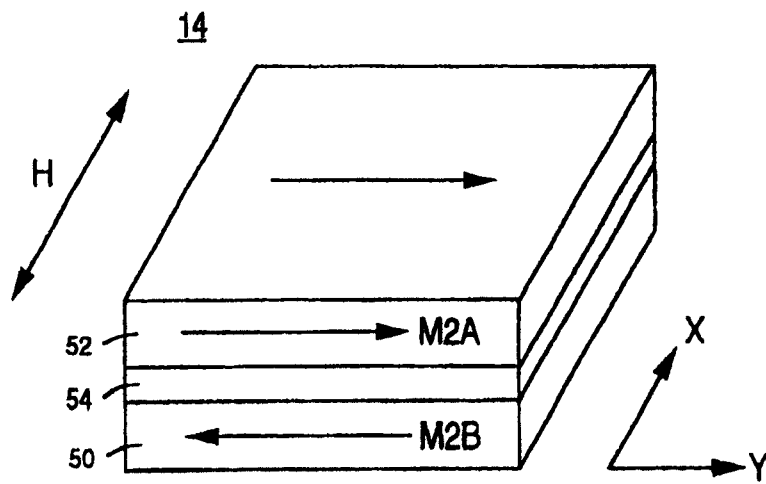


图 2B

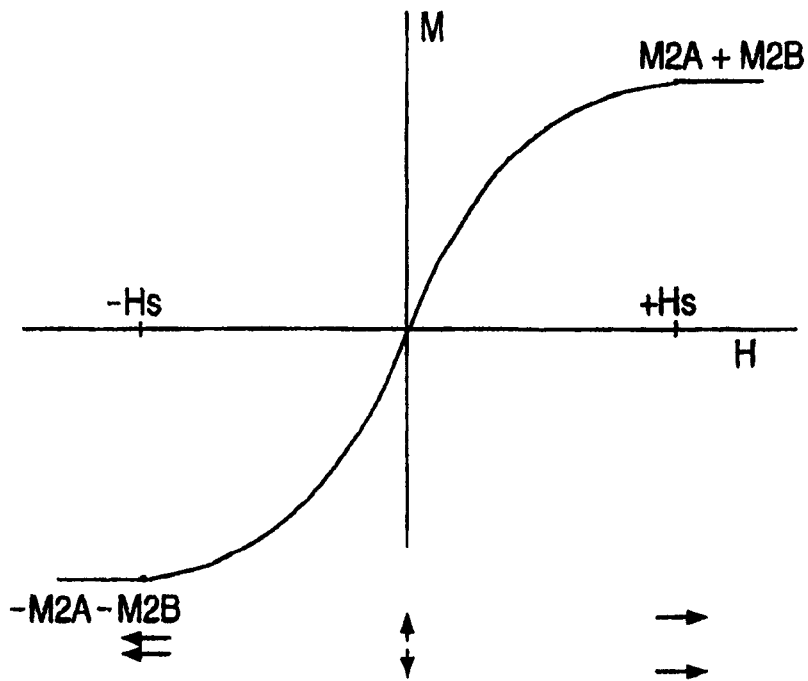


图 3A



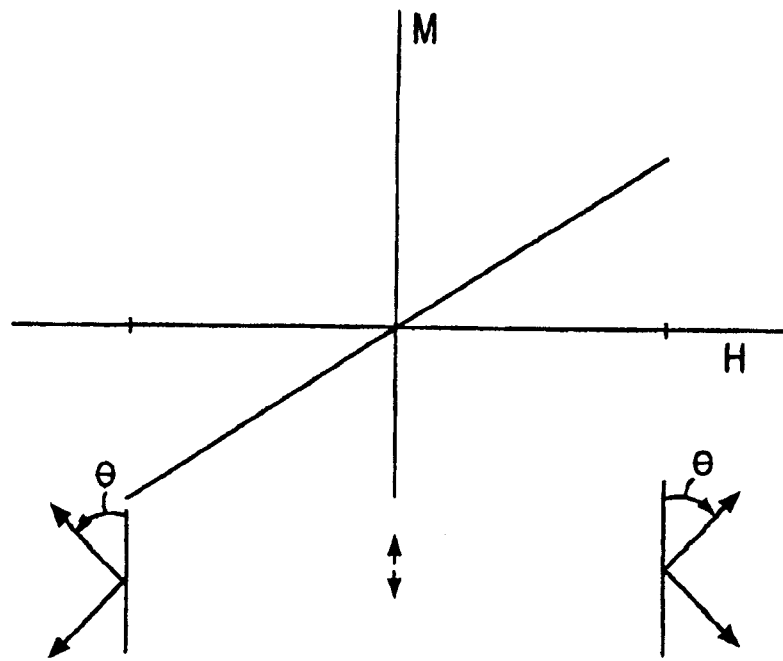


图 3B

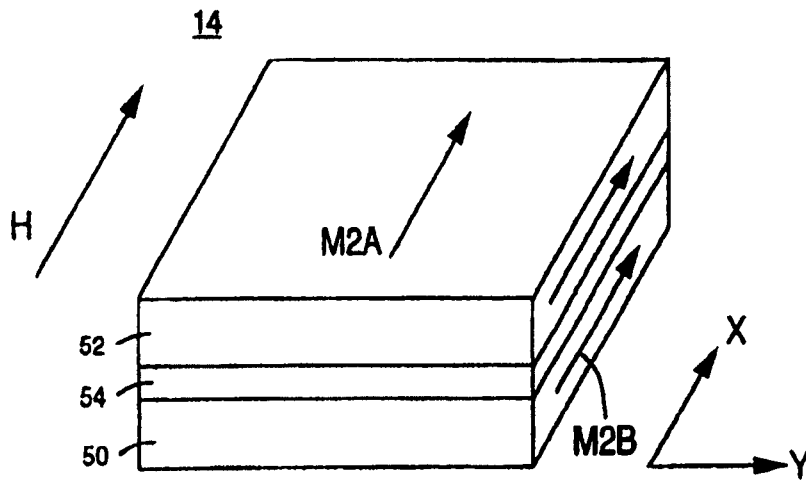


图 4A

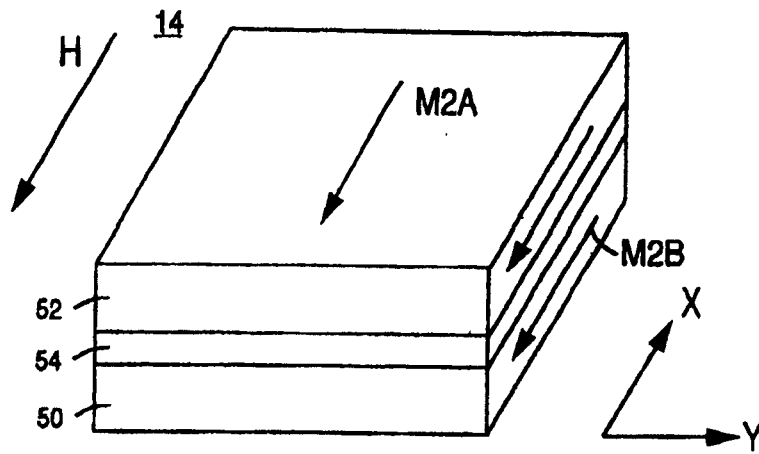


图 4B

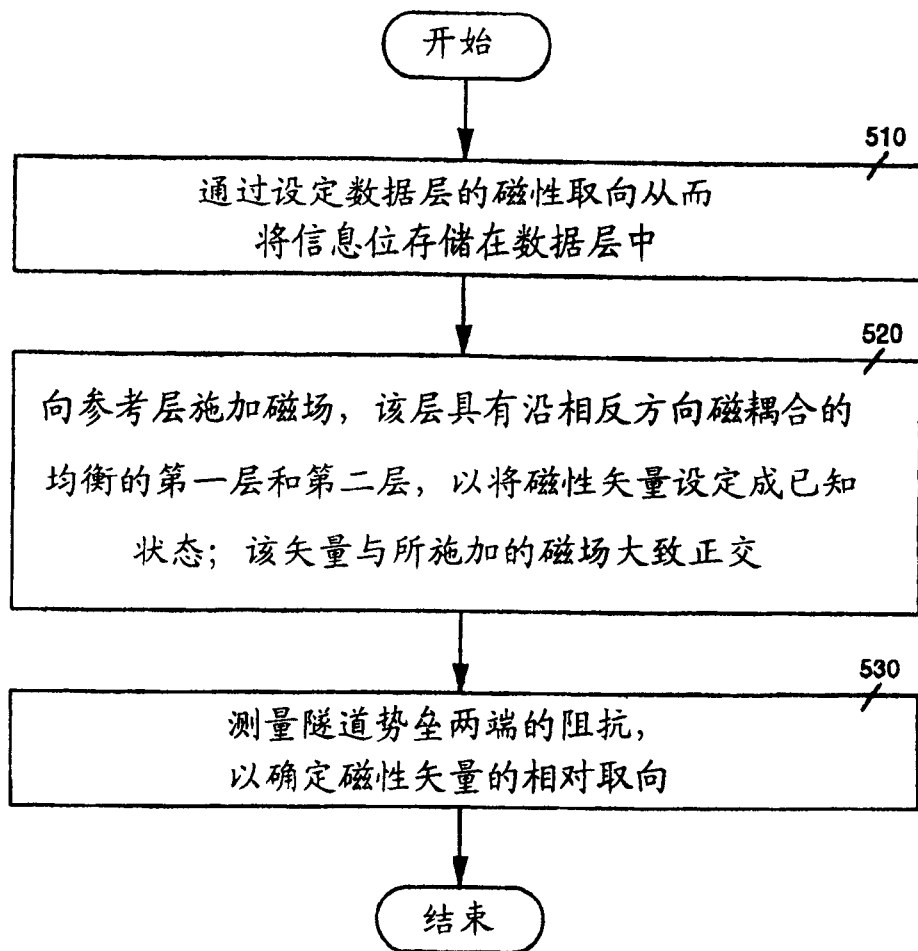


图 5

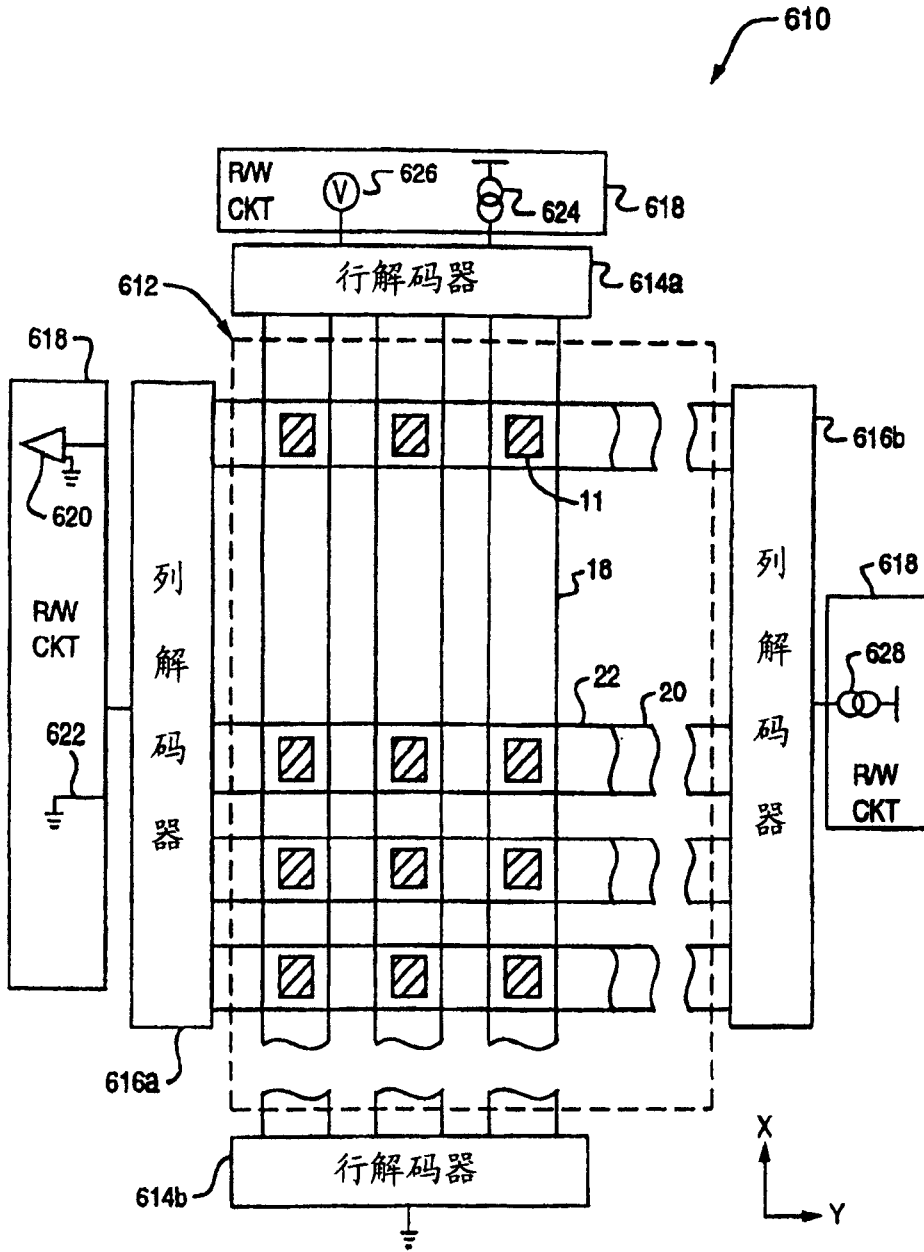


图 6