



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106374035 A

(43)申请公布日 2017.02.01

(21)申请号 201610826624.8

(22)申请日 2016.06.02

(30)优先权数据

14/728,788 2015.06.02 US

(71)申请人 HGST荷兰公司

地址 荷兰阿姆斯特丹

(72)发明人 J·A·凯坦

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 张波

(51)Int.Cl.

H01L 43/02(2006.01)

H01L 43/10(2006.01)

H01L 43/12(2006.01)

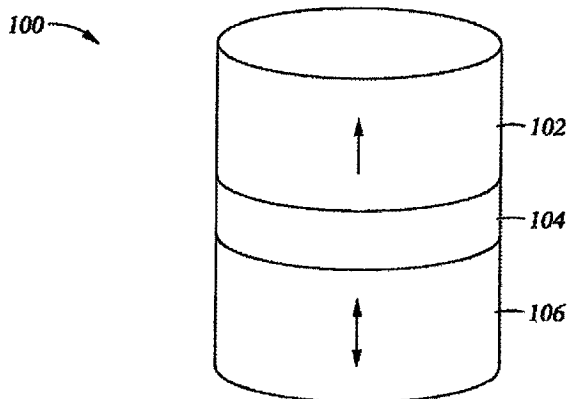
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

使用外部铁磁偏置膜的压控磁各向异性切
换装置

(57)摘要

本公开的方面提供磁致电阻随机存取存储
器(MRAM)装置及其制造方法。该MRAM装置一般包
含:基板,设置在基板上的至少一个磁隧道结
(MTJ)堆叠体,其中MTJ堆叠体包含在具有固定磁
化的第一铁磁层与具有不固定磁化的第二铁磁
层之间的隧道势垒层,以及设置为与第二铁磁层
相邻的磁体。



1. 一种磁致电阻随机存取存储器 (MRAM) 装置, 包含:
基板;
设置在所述基板上的至少一个磁隧道结 (MTJ) 堆叠体, 其中所述磁隧道结堆叠体包含在具有固定磁化的第一铁磁层与具有不固定磁化的第二铁磁层之间的隧道势垒层; 以及
设置为与所述第二铁磁层相邻的磁体。
2. 如权利要求1所述的磁致电阻随机存取存储器装置, 其中所述磁体包含铁磁偏置层, 所述铁磁偏置层形成为水平地平行于所述基板, 并且与所述第二铁磁层对齐。
3. 如权利要求1所述的磁致电阻随机存取存储器装置, 其中所述磁体包含硬铁磁层或被反铁磁体钉扎的软铁磁层。
4. 如权利要求3所述的磁致电阻随机存取存储器装置, 其中所述硬铁磁层包含CoPt, 并且所述软铁磁层包含NiFe。
5. 如权利要求1所述的磁致电阻随机存取存储器装置, 其中所述磁致电阻随机存取存储器装置还包含在所述基板上形成的钝化层, 并且其中所述磁体设置在所述钝化层中。
6. 如权利要求2所述的磁致电阻随机存取存储器装置, 其中所述磁致电阻随机存取存储器装置还包含在所述基板上形成的钝化层, 并且其中所述磁体设置在所述钝化层中。
7. 如权利要求1所述的磁致电阻随机存取存储器装置, 其中所述第一铁磁层和所述第二铁磁层包含CoFeB层。
8. 如权利要求1所述的磁致电阻随机存取存储器装置, 其中所述隧道势垒层包含MgO层。
9. 一种磁致电阻随机存取存储器 (MRAM) 装置的制造方法, 包含:
在基板上形成至少一个磁隧道结 (MTJ) 堆叠体, 其中所述磁隧道结堆叠体包含在具有固定磁化的第一铁磁层和具有不固定磁化的第二铁磁层之间的隧道势垒层; 以及
设置与所述第二铁磁层相邻的磁体。
10. 如权利要求9所述的方法, 其中所述磁体包含: 铁磁偏置层, 所述铁磁偏置层形成为水平地平行于所述基板, 并且与所述第二铁磁层对齐。
11. 如权利要求9所述的方法, 其中所述磁体包含硬铁磁层或被反铁磁体钉扎的软铁磁层。
12. 如权利要求11所述的方法, 其中所述硬铁磁层包含CoPt, 并且所述软铁磁层包含NiFe。
13. 如权利要求9所述的方法, 还包含:
在所述基板上形成钝化层, 其中所述磁体设置在所述钝化层中。
14. 如权利要求9所述的方法, 其中所述第一铁磁层和所述第二铁磁层包含CoFeB层。
15. 如权利要求9所述的方法, 其中所述隧道势垒层包含MgO层。
16. 如权利要求9所述的方法, 还包含: 使用压控磁各向异性 (VCMA) 效应, 使得所述第二铁磁层的所述磁化从所述磁体围绕偏置场进动, 使得所述第二铁磁层的磁极性翻转。
17. 如权利要求16所述的方法, 其中与所述第二铁磁层相邻的所述磁体是永久磁体。
18. 一种磁致电阻随机存取存储器 (MRAM) 装置, 包含:
基板;
设置在所述基板上的至少一个磁隧道结 (MTJ) 堆叠体, 其中所述磁隧道结堆叠体包含

在具有固定磁化的第一铁磁层与具有不固定磁化的第二铁磁层之间的隧道势垒层；

在所述基板上形成的钝化层，其中所述钝化层填充磁隧道结之间的空间；以及

设置在与所述第二铁磁层相邻的所述钝化层中的磁体，其中所述磁体包含铁磁偏置层，所述铁磁偏置层设置为水平地平行于所述基板，并与所述第二铁磁层对齐，并且其中当施加偏置电压到所述磁隧道结堆叠体时，所述第二铁磁层的磁化从所述磁体围绕偏置场进行，使得当施加电场到所述磁隧道结堆叠体时，所述磁隧道结堆叠体的磁极性翻转。

19. 如权利要求18所述的磁致电阻随机存取存储器装置，其中所述磁体包含硬铁磁层或被反铁磁体钉扎的软铁磁层。

20. 如权利要求18所述的磁致电阻随机存取存储器装置，其中所述磁体是永久磁体。

使用外部铁磁偏置膜的压控磁各向异性切换装置

技术领域

[0001] 本公开的方面总体上涉及数据存储系统,并且更具体地,涉及使用外部铁磁偏置膜的压控磁各向异性(voltage-controlled magnetic anisotropy VCMA)切换装置。

背景技术

[0002] 现代电子装置越来越多地整合大量的固态存储器。电子行业不断寻求提供低功耗的更高密度的装置。磁存储器装置就其本性而言提供非易失性特性,并且作为下一代存储器类型正在吸引越来越多的关注。

[0003] 在磁盘驱动器中使用的磁介质中的更高存储位密度已经减小了磁位的尺寸(体积)。磁随机存取存储器(MRAM)提供快速存取时间、无限的读取/写入耐久性、抗辐射度和高存储密度。与传统的RAM芯片技术不同,MRAM数据不被存储为电荷,而是替代地由存储元件的磁极化存储。可以为相对于膜表面的平面内的或垂直的磁隧道结(MTJ)层结构的磁化,设计包含磁隧道结(MTJ)存储器元件的MRAM单元。元件由被薄绝缘层分隔的两个磁极化的板形成,其两个中的每一个可以维持磁极化场,并且其一起形成MTJ堆叠体。根据本公开的某些方面,图1是图示MTJ堆叠体100的例子。如图1中所示,两个板中的一个设置为特定极性的永久磁体102(即具有固定磁化);另一板106的极化将改变(即具有自由磁化)以匹配足够强的外部场的磁化。因此,单元具有允许单元充当非易失性存储器元件的两个稳定状态。

[0004] 可以从这样的单元的网格构建存储器装置。在芯片上的阵列中的MRAM单元通过金属字线和位线连接。每个存储单元连接到字线和位线。字线连接单元的行,而位线连接单元的列。典型地,互补金属氧化物半导体(CMOS)结构包含通过顶部或底部金属接触点电连接到MTJ堆叠体的选择晶体管。电流流动的方向在顶部或底部金属电极之间。

[0005] 通过测量单元的MTJ的电阻来实现读取MRAM单元的极化状态。传统地通过供电相关的晶体管选择特定的单元,所述相关的晶体管将来自电源线的电流切换穿过MTJ层到地。由于隧穿磁致电阻效应,其中通过隧穿势垒层104的电子的量子隧穿发生时,由于在MTJ的两个磁层中的极化的相对取向,单元的电阻变化。通过测量所得的电流,可以确定在任意特定单元内部的电阻,并且从此确定自由可写(自由)层的极性。如果两个层具有相同的极化,这被认为是意味着状态“0”,并且电阻为“低”。而如果两个层极化相反时,电阻将较高,并且这意味着状态“1”。使用各种技术将数据写入到单元。

[0006] 在传统MRAM中,外部磁场由接近单元的线中的电流提供,其足够强以对齐自由层。自旋转移扭矩(STT)MRAM使用自旋对齐(“极化”)的电子来直接施加扭矩于自由层的域。流入到自由层中的这种极化的电子施加足够的扭矩,以重新对齐(例如翻转)自由层的磁化。

[0007] 类似于其它类型的MRAM,磁致电阻RAM(MeRAM)使用隧穿磁致电阻(TMR)效应来在两端子存储器元件中读出磁致电阻。然而,信息的写入通过在隧道势垒层和自由层的界面处的VCMA执行,与流控(例如STT或自旋轨道扭矩,SOT)机制相反。在VCMA装置中,磁特性由电场的施加控制。VCMA装置基于纳米磁体的电场诱导的切换。MeRAM装置具有对功率消耗的

显着降低的潜力。通过消除对操作装置的电流的需求,欧姆损耗显著降低,导致非常低的动态(即切换)能量消耗。除降低的功率消耗外,使用电场写入MeRAM在增强的位密度方面提供优势。特别地,当集成在电路中时,磁电写入不对存取装置(例如晶体管)造成基于电流驱动的尺寸限制,因此允许更小的整体单元面积。同时,MeRAM原则上保留STT-MRAM的所有关键优点,即高耐久性、高速度、抗辐射度和非易失性操作的可能性。

[0008] 相应地,存在对高密度和高能量效率的磁存储装置的需求。

发明内容

[0009] 本公开的系统、方法和装置各自具有几个方面,其中没有任何单个方面单独地是其所需的属性的原因。不局限如由随后的权利要求表达的本公开的范围,现在将简要论述一些特征。在考虑此论述后,并且特别是在阅读标题为“具体实施方式”的部分之后,人们将理解本公开的特征如何提供优点,该优点包含在无线网络中的接入点和站之间的改进的通信。

[0010] 本公开的方面总体上涉及一种数据存储系统,并且更具体地,涉及一种使用外部铁磁偏置膜的VCMA切换装置。

[0011] 在一个方面,提供一种MRAM装置。MRAM装置总体上包含:基板,设置在基板上的至少一个MTJ堆叠体,其中MTJ堆叠体包含在具有固定磁化的第一铁磁层和具有不固定磁化的第二铁磁层之间的隧道势垒层,以及设置为与第二铁磁层相邻的磁体。

[0012] 在另一个方面,提供一种MRAM装置的制造方法。该方法总体上包含:在基板上形成至少一个MTJ堆叠体,其中MTJ堆叠体包含在具有固定磁化的第一铁磁层和具有不固定磁化的第二铁磁层之间的隧道势垒层,以及设置为与第二铁磁层相邻的磁体。

[0013] 在又一个方面,提供一种MRAM装置。该MRAM装置总体上包含:基板;设置在基板上的至少一个MTJ堆叠体,其中MTJ堆叠体包含在具有固定磁化的第一铁磁层和具有不固定磁化的第二铁磁层之间的隧道势垒层,在基板上形成的钝化层,其中钝化层填充MTJ之间的空间,以及设置在与第二铁磁层相邻的钝化层中的磁体,其中磁体包含铁磁偏置层,所述铁磁偏置层设置为水平地平行于基板,并且与第二铁磁层对齐,并且其中当施加偏置电压到MTJ堆叠体时,第二铁磁层的磁化从磁体围绕偏置场进动,使得当施加电场到时,MTJ堆叠体的磁极性翻转。

[0014] 为了实现前述和相关的目标,一个或多个方面包含在下文中充分描述并且在权利要求中特别指出的特征。下面的描述和附图详细阐述一个或多个方面的细节的某些说明性特征。然而,这些特征仅仅指示可采用各种方面的原理的各种方式中的少数,并且该描述旨在包含所有这样的方面及其等效方案。

附图说明

[0015] 因此,可以详细理解本公开的以上引用的特征的方式,通过参考方面,进行以上简要总结的更特定的描述,方面中的一些被图示在附图中。然而应注意到,附图仅仅图示本公开的某些典型方面,并且因此不被视为局限其范围,因为描述可允许其它同等有效的方面。

[0016] 图1是图示根据本公开的某些方面的示例性MTJ堆叠体的图。

[0017] 图2是图示具有堆叠体内磁偏置层的示例性MTJ堆叠体的图。

[0018] 图3图示根据本公开的某些方面的调整能量势垒的磁场的应用。

[0019] 图4图示根据本公开的某些方面的通过施加电压切换磁极。

[0020] 图5是图示用于使用堆叠体内偏置场对于垂直MTJ装置进行VCAM驱动的写入和TMR读出的示例的图。

[0021] 图6是图示根据本公开的某些方面的制造MRAM装置的示例性操作的框图。

[0022] 图7是图示根据本公开的某些方面的具有MTJ堆叠体和外部磁偏置层的示例性MRAM装置的图。

[0023] 为了便于理解,在可能情况下,使用了相同的附图标记来指定附图中共同的相同元件。应预期,在未具体详述的情况下,在一个方面公开的元件可以被有利地用在其它方面。

具体实施方式

[0024] 下文中参照附图更充分地描述本公开的各种方面。然而,本公开可以许多不同的形式来体现,并且不应当被解释为局限于本公开全文呈现的任何具体结构或功能。相反,提供这些方面使得本公开将是彻底和完整的,并且将向本领域技术人员充分地传达本公开的范围。基于本文的教导,本领域技术人员应当理解本公开的范围旨在覆盖本文公开的本公开的任何方面,无论是独立实现还是与本公开的任何其它方面结合实现。例如,使用本文阐述的任何数量的方面,可实现装置或者可实施方法。另外,本公开的范围旨在覆盖使用其它结构、功能性或者除了或不同于本文阐述的本公开的各种方面的结构和功能性实施的这样的装置或方法。应当理解本文公开的本公开的任何方面可由权利要求的一个或多个元素来体现。

[0025] 词语“示范性”用于本文中意为“充当示例、实例或说明”。在本文中被描述为“示范性”的任何方面不一定被解释优选于或有利于其它方面。

[0026] 本公开的方面总体上涉及使用外部铁磁偏置膜的VCMA切换装置。例如,如将在本文中更详细地论述的,可以在基板上形成至少一个MTJ堆叠体。一个或多个MTJ堆叠体可以包含在具有固定磁化的第一铁磁层和具有不固定磁化的第二铁磁层之间的隧道势垒层。外部磁体(例如铁磁偏置层)可以设置为与第二铁磁层相邻。

[0027] 在本公开的方面的以下描述中,对形成其一部分的附图进行参考,并且其中通过可以其实施本公开的具体实现方式的说明的方式来示出。应当指出的本文论述的图式不是按比例绘制,并且不指示实际或相对尺寸。图式中的任何阴影用于区分层,并且不代表使用的材料的类型。典型地在单个晶片上同时制造MRAM单元的多个阵列。本文的图式和描述仅仅引用典型地在单个晶片上同时制造的多个单元中的少数单元。

[0028] 示例性的VCMA-切换装置

[0029] 在金属铁磁膜中(例如典型地在MTJ装置中使用的那些),电场被材料的导电性屏蔽,并且因此仅仅穿透到膜表面中几埃。因此,表面附近的电场强度原则上是对磁特性的电场控制的限制。然而,通过利用超薄(例如 $< 2\text{nm}$)的铁磁膜,磁特性可能对界面效应敏感,甚至由界面效应主导,因此提供将施加的电场耦合到材料的磁各向异性的机制。从而,经由压控界面的垂直磁各向异性(PMA)操纵金属铁磁体可以用于实现电场控制的磁装置。

[0030] 可以依据在界面处的原子轨道占用的电场诱导变化解释VCMA效应,其连同自旋轨

道相互作用导致各向异性的变化。

[0031] 图2是图示具有堆叠体内磁偏置层的示例性MTJ堆叠体200的图。如图2中所示,MTJ堆叠体200包含固定的层202、隧道势垒层204、自由层206、钝化层208和堆叠体内磁偏置层210。MTJ堆叠体的一个示例可以包含CoFeB磁层202和206以及作为隧道势垒层204的MgO。CoFeB-MgO MTJ(或其它相似类型的MTJ)表现出压控磁各向异性(VCMA),其中电场改变在CoFeB/MgO界面处的电子密度,并且影响垂直各向异性。例如,界面处电子密度的降低增加垂直各向异性。由于该磁电耦合不是应变介导的,它不受耐久性限制,使其与逻辑和存储应用兼容。

[0032] 外部磁场倾斜能量势垒取向,同时压控各向异性或者减少或增加能量势垒,取决于极性。根据本公开的某些方面,图3图示调整能量势垒的磁场的应用。如图4所图示,当施加电压(脉冲)时,调整能量势垒可以使得能够进行确定的切换。例如,如图4中所示,MTJ可以具有对齐到初始磁化 H_{eff} 的自由层磁化。在此示例中, H_{eff} 指向上方,并且由界面的出平面的各向异性主导。电压的施加导致穿过MgO势垒的电场,并且降低界面的各向异性。经由VCMA效应的自由层的磁各向异性的该重配置允许使用电场进行切换;换言之,利用由于VCMA效应的矫顽力的降低切换我们的MTJ的自由层的磁化而没有自旋极化的电流的影响。如图4中所示,当施加电压脉冲 V_p 时,影响自由层的有效场 H_{eff} 在平面中倾斜,因为界面的各向异性场降低,并且现在 H_{eff} 由来自堆叠体内层210的偏置场主导。自由层的磁化将进动大约 H_{eff} ,直到它最终与 H_{eff} 对齐。系统中阻尼足够低,使得许多振荡将在进动停止前发生。可以通过关闭 V_p 来中断进动,这可以导致具有与初始磁化方向相反的极性的最终磁化状态。

[0033] 这样的电场控制的MTJ可以与互补金属氧化物半导体(CMOS)集成兼容。可以经由TMR效应来执行读出,并且可以经由使用VCMA的电场执行电写入。例如,写入可以是小于1ns的共振(进动的)。为规模化和密度,位可以是垂直的。

[0034] 图5是示出使用堆叠体内偏置场对于垂直80nm×80nm MTJ装置的示例性VCMA驱动的写入和TMR读出的图500。如图5中所示,可实现100%切换(例如在大约700ps±250ps的时间窗口中)。在此示例中,切换能量可以是大约10fJ/位,具有写入时间<1ns。由于此进动的VCMA切换是触发,而不是确定的操作(即当每次施加VCMA脉冲时,发生切换),可以在切换之前和/或之后进行读取,以便确定位的极性,以及是否应当施加触发脉冲。

[0035] 常规地,由堆叠内磁偏置层提供磁场,例如图2中所示的堆叠体内磁偏置层210。

[0036] 使用外部铁磁偏置层的示例性VCMA切换装置

[0037] 根据本公开的某些方面,描述具有外部(例如与堆叠体内相对的)磁体(例如偏置层)的磁隧道结(MTJ)装置。外部(例如永久)磁体的使用可以允许更简单的堆叠体。

[0038] 根据本公开的某些方面,图6是图示用于制造MRAM装置的示例性操作600的调用流程。例如,可以使用操作600制造图7中图示的MRAM装置700。

[0039] 在操作602中,可在基板(例如基板702)上形成至少一个MTJ堆叠体(例如MTJ堆叠体70),其中MTJ堆叠体包含在具有固定磁化的第一铁磁层(例如CoFeB层,例如固定层706)与具有不固定磁化的第二铁磁层(例如CoFeB层,例如自由层710)之间的隧道势垒层(例如可以是MgO层的隧道势垒层708)。

[0040] 在操作604中,磁体(例如外部磁体712)可以设置(例如形成)为与第二铁磁层相邻。根据某些方面,磁体可设置在基板上沉积的钝化层中,以防止短路(例如在研磨装置之

后)。根据某些方面,磁体可能是在基板(例如晶片)上形成的铁磁偏置层(例如,硬材料,例如CoPt层,或者软材料,例如被反铁磁体钉扎的NiFe层)。如图7中所示,外部磁体712可以形成水平地平行于基板702,并且与自由层710对齐。

[0041] 在操作606中,施加偏置电压到MTJ堆叠体,使得在自由层/势垒界面处的垂直各向异性减小(即VCMA效应),引起自由层的磁化围绕有效场(现在由偏置磁体产生的场主导)进动。脉冲持续时间可以被优化以停止进动,使得自由层的磁极性翻转。根据某些方面,当制造装置时,可以选择设置的磁体的厚度和/或设置的磁体从第二铁磁层的距离,从而将在MTJ堆叠体上通过磁体施加所需的(例如最优的)磁场。

[0042] 根据某些方面,可使用离子束沉积(IBD)、电镀、溅射或用于沉积的其它技术设置外部磁体。

[0043] 根据本公开的某些方面,图7是图示具有MTJ堆叠体704和外部磁体712的示例性MRAM装置700的图。根据某些方面,当施加电场(例如VCMA脉冲)到MTJ堆叠体时,自由层的磁化可以围绕永久偏置场(由外部磁体提供)进动。可以使用外部磁体的矩和厚度的优化提供所需的进动场。例如,使用更强的磁场可提供更快的进动时间。

[0044] 根据某些方面,外部磁场的使用可导致改善的磁场控制,使用更大磁场的的能力,更容易地蚀刻MTJ堆叠体的能力,以及更简单的磁体。另外,因为层可更薄并且更易于蚀刻穿透,可以使用更窄的最终间距。此外,堆叠体内磁体可能需要大的平面中的场退火场来设置其方向,其对于自由层特性和垂直各向异性可能是不利的。此外,应理解虽然已经为外部磁体712示出具有高矫顽力(硬磁体)的永久磁体,但是也可以使用耦合到反铁磁偏置层的低矫顽力(软磁体)。

[0045] 本文公开的方法包含用于实现方法的一个或多个步骤或行为。方法步骤和/或行为可彼此互换而不脱离权利要求的范围。换言之,除非指定具体步骤或行为的次序,否则可修改具体步骤和/或行为的次序和/或使用而不脱离权利要求的范围。

[0046] 如本文所使用的,指代一系列项目“的至少一个”的短语指的是那些项目的任意组合,包含单个成员。作为示例,“a、b或c中的至少一个”旨在覆盖a、b、c、a-b、a-c、b-c和a-b-c以及多个相同元素的任何组合(例如a-a、a-a-a、a-a-b、a-a-c、a-b-b、a-c-c、b-b、b-b-b、b-b-c、c-c和c-c-c或者a、b和c的任何其它排序)。

[0047] 以上所述方法的各种操作可以通过能够执行相应功能的任意合适的方法执行。该方法可包含一个或多个各种硬件和/或软件组件。

[0048] 应理解权利要求不局限于以上图示的精确配置和组件。可在上述方法和装置的布置、操作和细节中做出各种修改、改变和变型而不脱离权利要求的范围。

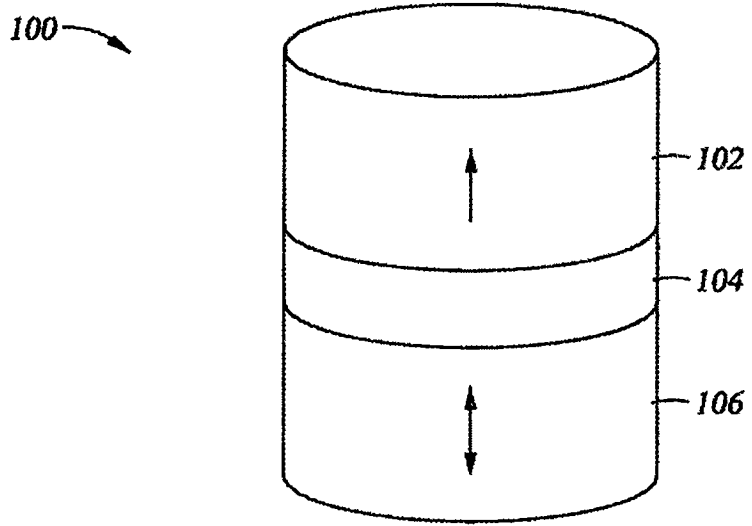


图1

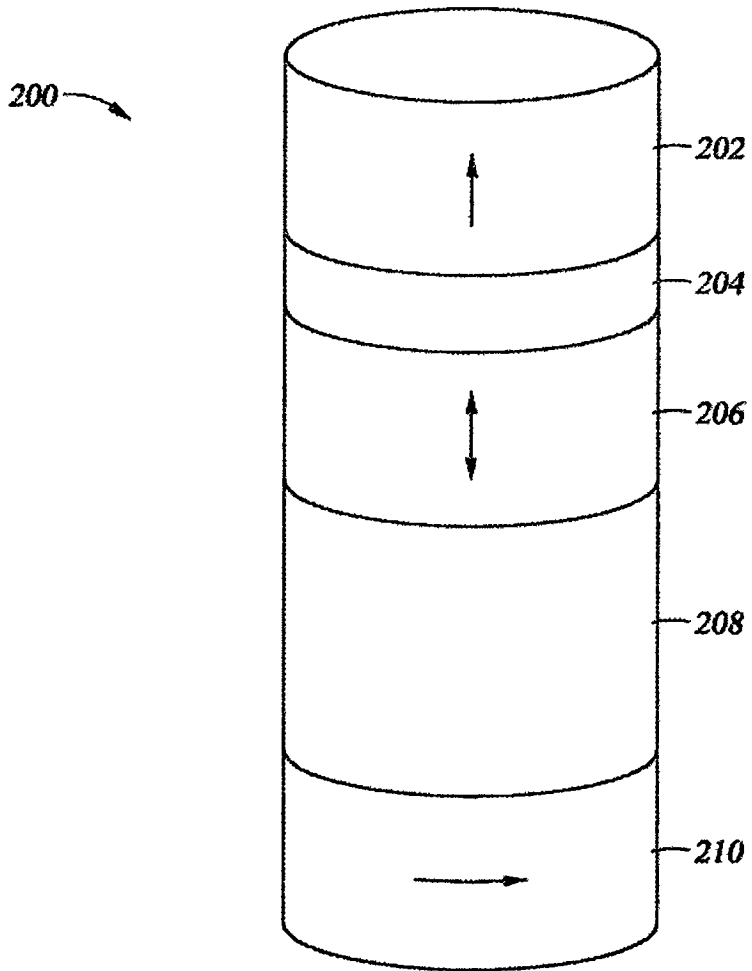


图2

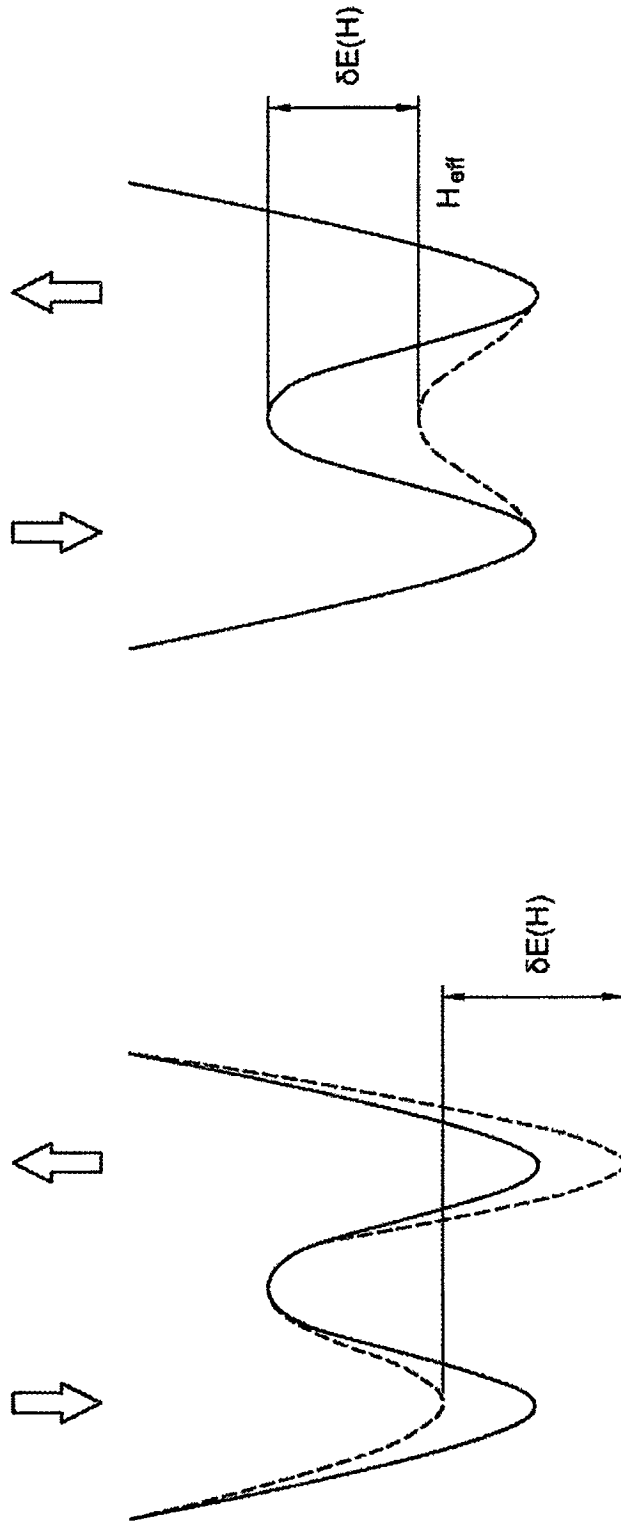


图3

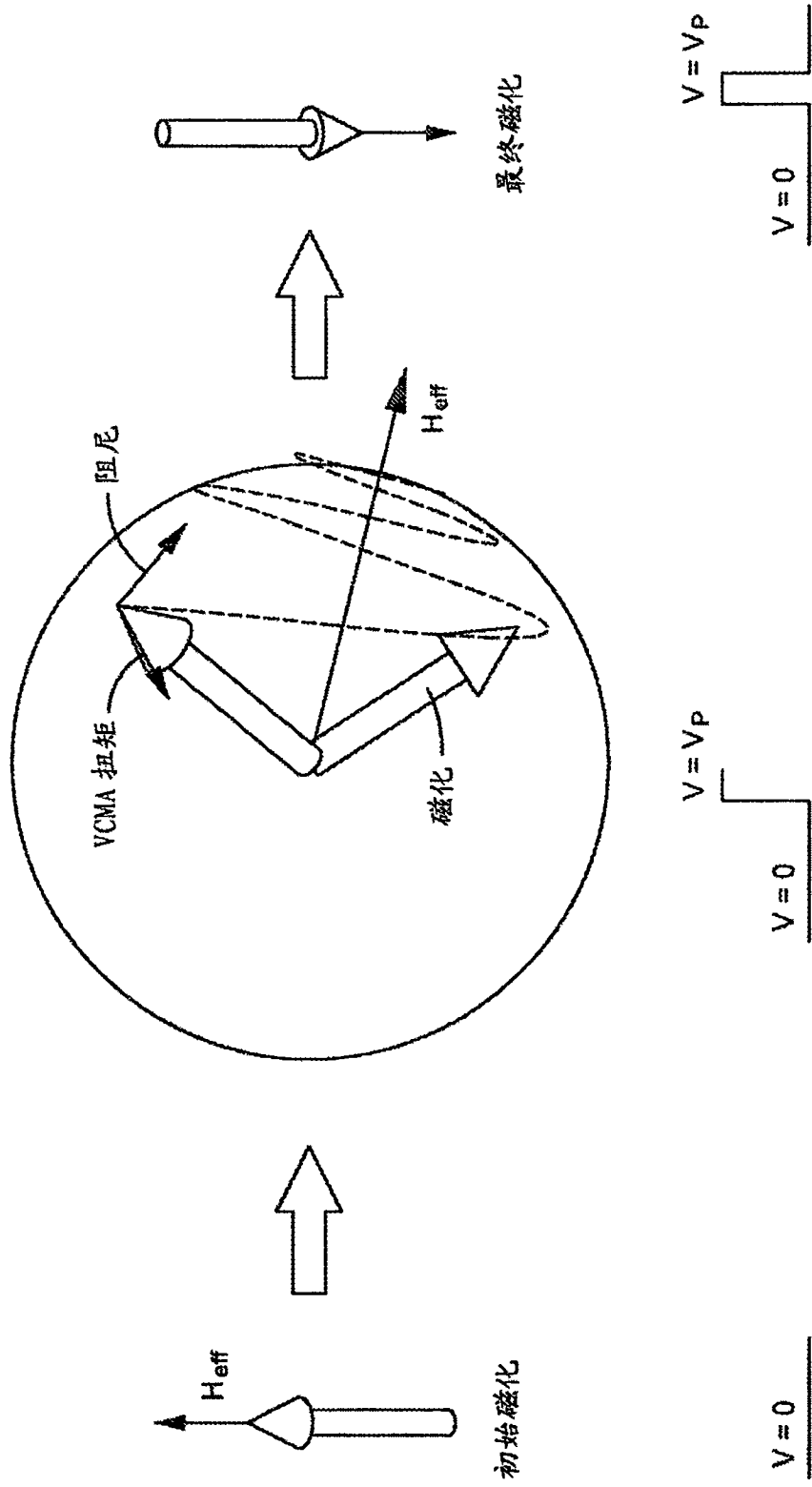


图4

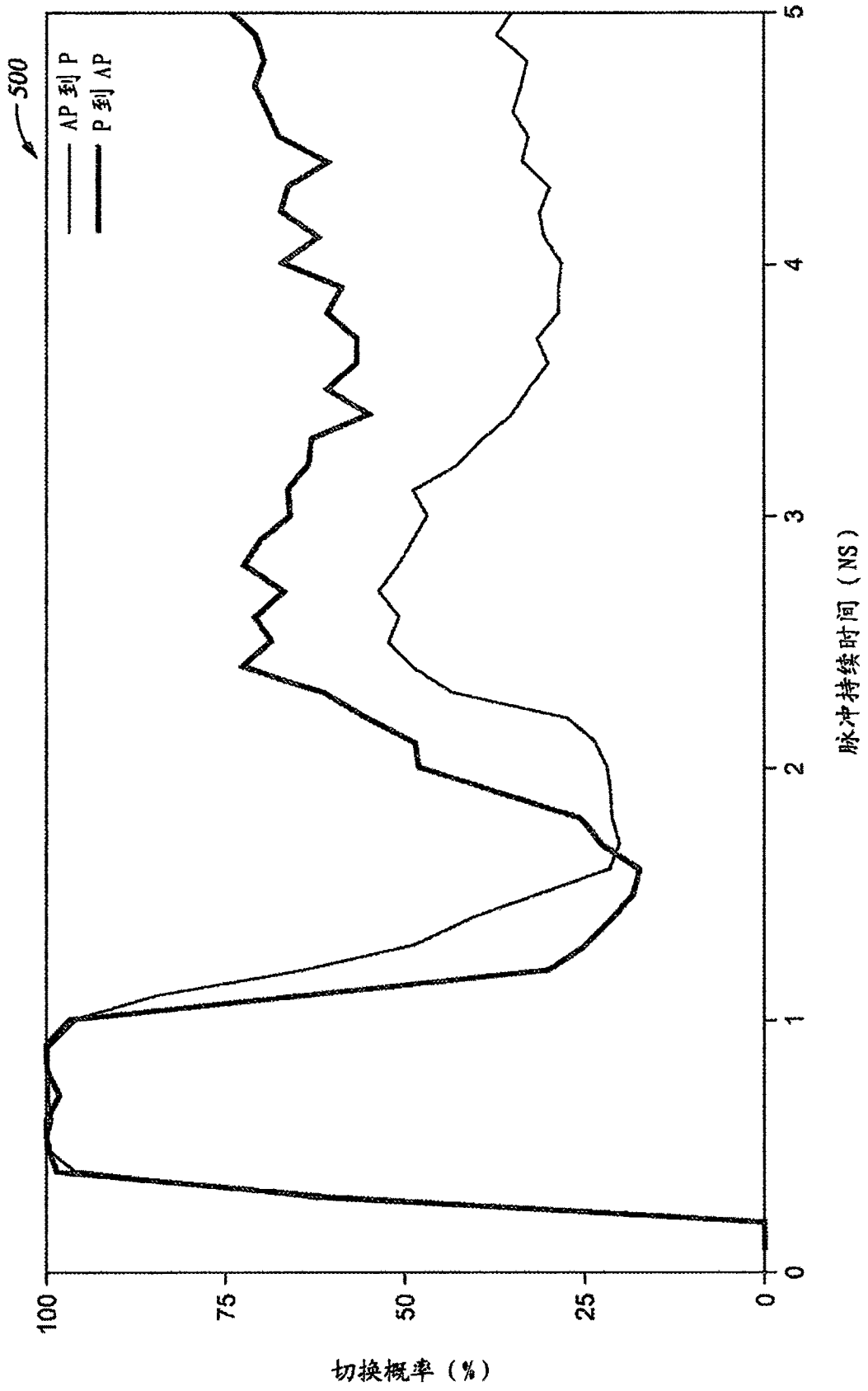


图5

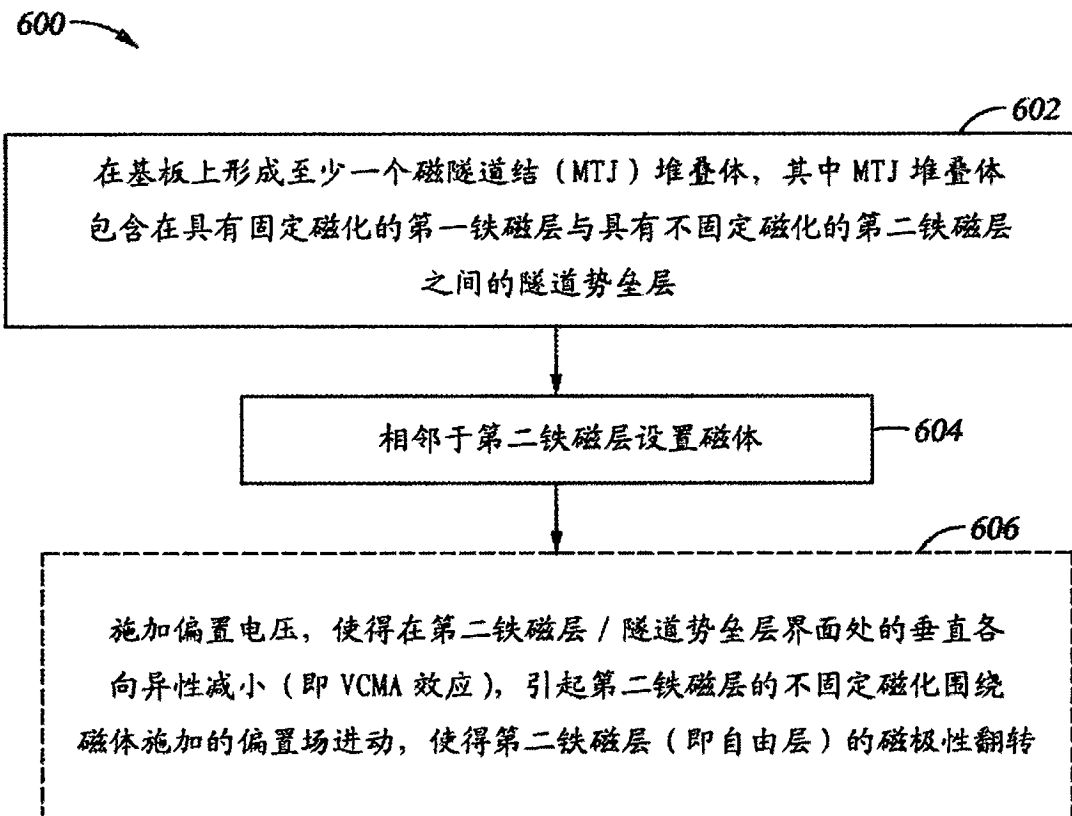


图6

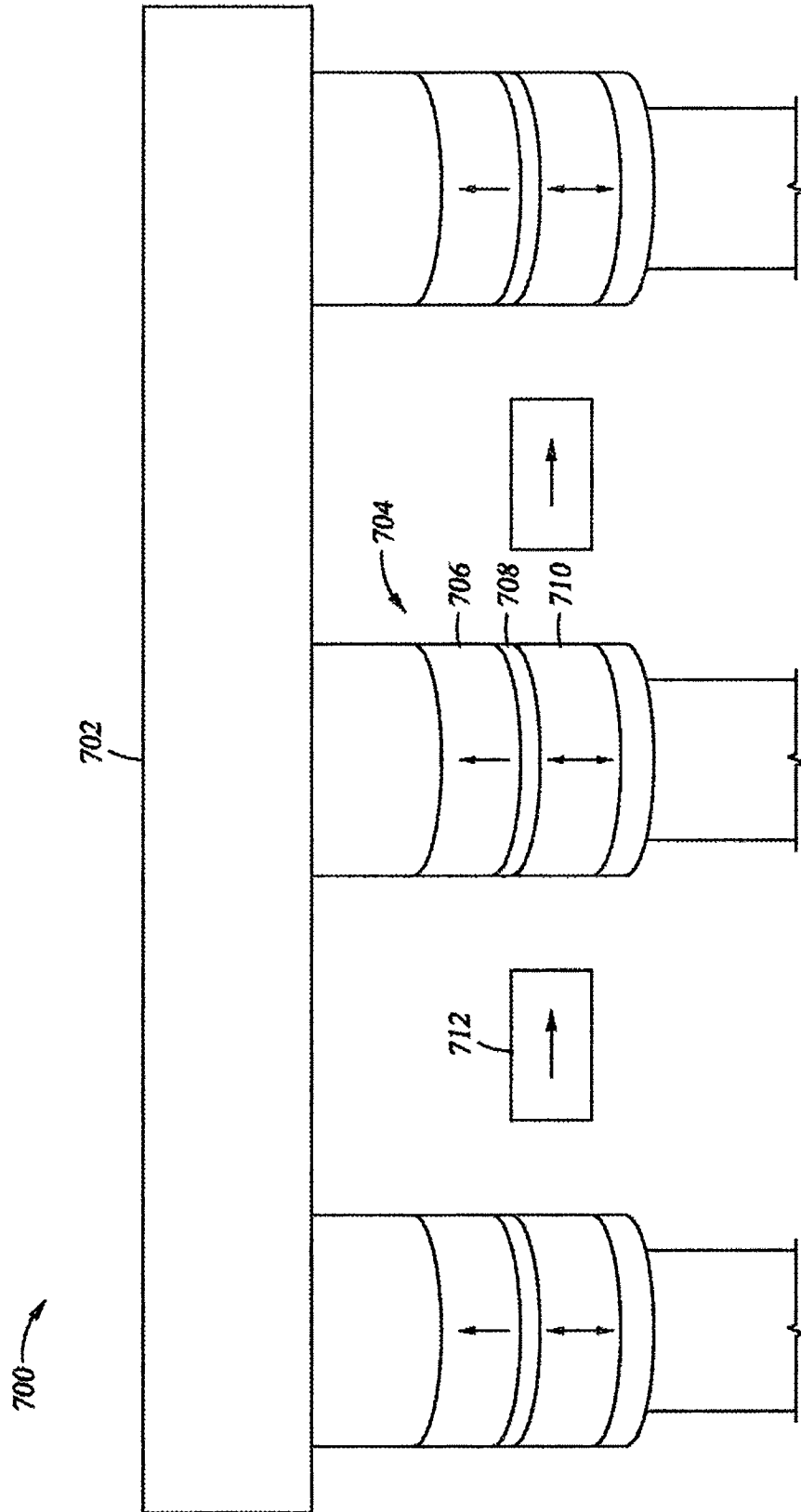


图7