



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104303326 B

(45)授权公告日 2016.10.19

(21)申请号 201380024185.3

(22)申请日 2013.05.09

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104303326 A

(43)申请公布日 2015.01.21

(30)优先权数据

61/644,592 2012.05.09 US

13/746,011 2013.01.21 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.11.07

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/040406 2013.05.09

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/170070 EN 2013.11.14

(73)专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 Y·杜

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

代理人 林金朝 王英

(51)Int.Cl.

H01L 43/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 1841768 A,2006.10.04,

CN 101140952 A,2008.03.12,

CN 101378072 A,2009.03.04,

US 2006/0133137 A1,2006.06.22,

审查员 朱永全

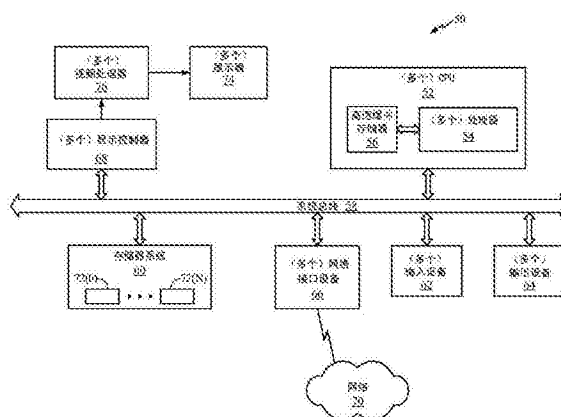
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54)发明名称

采用压电层的自旋晶体管以及相关存储器、存储器系统和方法

(57)摘要

本发明公开了自旋晶体管以及相关的存储器、存储器系统和方法。自旋晶体管由具有共享多铁层的至少两个磁性隧道结(MTJ)提供。所述多铁层由具有金属电极(金属)的铁磁薄膜(FM通道)之上的压电(PE)薄膜形成。铁磁层用作自旋通道,并且压电层用于转移压电应力,以控制所述通道的自旋状态。共享层的一侧上的MTJ形成自旋晶体管的源极,并且共享层的另一侧上的MTJ形成自旋晶体管的漏极。



1. 一种自旋晶体管,包括:
第一磁性隧道结(MTJ),其包括第一铁磁层;
第二磁性隧道结(MTJ),其包括第二铁磁层;以及
共享自旋层,其包括:
电极;
压电电介质层;以及
铁磁自旋层,
其中,所述铁磁自旋层和所述第一铁磁层形成第一磁性结;
其中,所述铁磁自旋层和所述第二铁磁层形成第二磁性结;并且
其中,所述第一磁性隧道结(MTJ)形成所述自旋晶体管的源极,所述第二磁性隧道结(MTJ)形成所述自旋晶体管的漏极,并且所述电极形成所述自旋晶体管的栅极。
2. 根据权利要求1所述的自旋晶体管,其中,施加至所述电极的电压使得所述压电电介质层在所述铁磁自旋层中感生应变,从而导致铁磁材料的自旋极化进入亚稳极化状态。
3. 根据权利要求1所述的自旋晶体管,所述自旋晶体管并入到存储器设备中。
4. 根据权利要求1所述的自旋晶体管,所述自旋晶体管被配置为用作开关。
5. 根据权利要求1所述的自旋晶体管,所述自旋晶体管集成到半导体管芯中。
6. 根据权利要求1所述的自旋晶体管,还包括从如下设备组成的组中选择设备:机顶盒、娱乐单元、导航设备、通信设备、固定位置数据单元、移动位置数据单元、移动电话、计算机、监视器、电视机、调谐器、收音机、音乐播放器、视频播放器,所述自旋晶体管集成到所述设备中。
7. 根据权利要求6所述的自旋晶体管,其中,所述移动电话是蜂窝电话,所述计算机包括便携式计算机、台式计算机和个人数字助理(PDA),所述监视器是计算机监视器,所述收音机是卫星收音机,所述音乐播放器包括数字音乐播放器、和便携式音乐播放器,并且所述视频播放器包括数字视频播放器。
8. 一种形成自旋晶体管的方法,包括:
提供包括第一铁磁层的第一磁性隧道结(MTJ);
提供包括第二铁磁层和第二通道的第二磁性隧道结(MTJ);以及
提供共享自旋层,其包括:
电极;
压电电介质层;以及
铁磁自旋层,
其中,所述铁磁自旋层和所述第一铁磁层形成第一磁性结;
其中,所述铁磁自旋层和所述第二铁磁层形成第二磁性结;并且
其中,所述第一磁性隧道结(MTJ)形成所述自旋晶体管的源极,所述第二磁性隧道结(MTJ)形成所述自旋晶体管的漏极,并且所述电极形成所述自旋晶体管的栅极。
9. 根据权利要求8所述的方法,还包括向所述电极施加电压,以使得所述压电电介质层在所述铁磁自旋层中感生应变,从而导致铁磁材料的自旋极化进入亚稳极化状态。
10. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述自旋晶体管形成在半导体管芯中。
11. 一种自旋阀开关,包括:

第一电极；

铁磁层，其被配置为提供通道区；

压电电介质层，其设置在所述第一电极与所述铁磁层之间，所述压电电介质层被配置为提供栅极电介质；

第一固定铁磁层，其形成具有所述铁磁层的第一磁性结；

第二固定铁磁层，其形成具有所述铁磁层的第二磁性结；

第一隧道势垒，其与所述第一磁性结相关联；以及

第二隧道势垒，其与所述第二磁性结相关联，其中，所述第一电极形成所述自旋阀开关的栅极，所述第一固定铁磁层用作源极，并且所述第二固定铁磁层用作漏极，以使所述自旋阀开关用作自旋晶体管。

12. 根据权利要求11所述的自旋阀开关，其中，向所述第一电极施加的电压使所述压电电介质层在所述铁磁层中感生应变，从而导致铁磁材料的自旋极化进入亚稳极化状态。

13. 根据权利要求11所述的自旋阀开关，所述自旋阀开关并入到存储器设备中。

14. 根据权利要求11所述的自旋阀开关，所述自旋阀开关集成到半导体管芯中。

15. 根据权利要求11所述的自旋阀开关，还包括从如下设备组成的组中选择设备：机顶盒、娱乐单元、导航设备、通信设备、固定位置数据单元、移动位置数据单元、移动电话、计算机、监视器、电视机、调谐器、收音机、音乐播放器、视频播放器，所述自旋阀开关集成到所述设备中。

16. 根据权利要求15所述的自旋阀开关，其中，所述移动电话是蜂窝电话，所述计算机包括便携式计算机、台式计算机和个人数字助理(PDA)，所述监视器是计算机监视器，所述收音机是卫星收音机，所述音乐播放器包括数字音乐播放器、和便携式音乐播放器，并且所述视频播放器包括数字视频播放器。

采用压电层的自旋晶体管以及相关存储器、存储器系统和方法

[0001] 优先权声明

[0002] 本申请要求于2012年5月9日提交的、标题为“SPIN TRANSISTORS AND RELATED MEMORY, MEMORY SYSTEM, AND METHODS”的美国专利申请序列号No. 61/644,592的优先权及其权益,通过引用将该申请的全部内容并入本文中。

技术领域

[0003] 本公开内容的技术总体涉及用于提供存储器单元的磁性隧道结(MTJ)。

背景技术

[0004] 电子业通常使用开关作为电路设计的部件。迄今为止,这些开关一直是基于电荷的开关,例如,CMOS或MOSFET开关。这种基于电荷的开关的功耗仍然令人关注,并且对于寻找现有开关技术的低功率替代产品仍然存在持续的压力。

[0005] 磁性隧道结(MTJ)可以用作开关,但是更常用于存储器应用中,例如磁性随机存取存储器(MRAM),其是通过为MTJ编程来存储数据的非易失性存储器。然而,传统的MTJ在状态之间转换时消耗特定量的功率。在诸如便携式电子设备的许多设备中,总体目标是通过这种存储器元件来减少功耗。

[0006] 尽管MTJ功耗较大,但是MRAM是有利的,因为即使在电源断开时,MTJ也可以用于存储信息。数据作为小磁性元件而不是电荷或电流被存储在MTJ中。图1中示出了示例性MTJ 10。数据根据两层之间的磁性取向而被存储在MTJ 10中,所述两层为固定层或钉扎层14以及设置在其上方的自由层12。自由层12和钉扎层14由铁磁材料形成。MTJ 10被配置成传统的“底部自旋阀”结构,其中,钉扎层14设置在自由层12下方。自由层12和钉扎层14由薄的非磁性电介质层所形成的隧道结或势垒16分开。由于MTJ 10的磁滞回线18,因而即使在磁场(H-场)为“0”时,自由层12和钉扎层14也可以存储信息。如果将偏置电压施加到耦合在MTJ 10的端部上的两个电极20、22之间,则电子可以隧穿通过隧道势垒16。隧道电流取决于自由层12和钉扎层14的相对取向。当使用自旋扭矩转移(STT)MTJ时,在自由层12和钉扎层14的自旋排列在平行(P)与反平行(AP)之间转换时,隧道电流之差被称为隧道磁阻率(TMR)。

[0007] 当自由层12和钉扎层14的磁性取向彼此反平行(在图1中显示为MTJ 10')时,存在第一存储器状态(例如,逻辑“1”)。当自由层12和钉扎层14的磁性取向彼此平行(在图1中显示为MTJ 10”)时,存在第二存储器状态(例如,逻辑“0”)。通过感测电流流过MTJ 10时的电阻,可以感测自由层12和钉扎层14的磁性取向以读取存储在MTJ 10中的数据。通过施加磁场来将自由铁磁层12的取向相对于钉扎层14改变为P或AP磁性取向,也可以将数据写入和存储在MTJ 10中。可以改变自由层12的磁性取向,但是钉扎层14的磁性取向是固定的。

[0008] 图2示出了与图1中的MTJ 10的设计相似的STT MTJ 23(被称为“MTJ 23”)。MTJ 23被提供作为MRAM位单元24的一部分,用于存储非易失性数据。MRAM位单元24可以设置在存储器阵列中,并且用作用于要求电子存储器的任何类型的系统的存储装置,所述系统例如

计算机处理单元(CPU)或基于处理器的系统。金属氧化物半导体(通常为n型MOS,即,NMOS)存取晶体管26用于控制MTJ 23的读取和写入。存取晶体管26的漏极(D)耦合到MTJ 23的底部电极22,该底部电极22耦合到钉扎层14。字线(V_{WL})耦合到存取晶体管26的栅极(G)。存取晶体管26的源极(S)耦合到电压源(V_S)。位线(V_{BL})耦合到MTJ 23的顶部电极20,该顶部电极20耦合到自由层12。

[0009] 当读取存储在MTJ 23中的数据时,激活用于存取晶体管26的字线(V_{WL})以允许小电流流过两个电极20、22之间的MTJ 23。通过施加在位线(V_{BL})上的电压除以所测量的电流而测得的低电阻与自由层12和钉扎层14之间的P取向相关联。高电阻与自由层12和钉扎层14之间的AP取向相关联。当向MTJ 23写入数据时,通过激活字线(V_{WL})来激活存取晶体管26的栅极(G)。在位线(V_{BL})与源线(V_S)之间施加了电压差。作为结果,在漏极(D)与源极(S)之间产生了写入电流(I)。如果磁性取向从AP变为P,则产生从顶部电极20流向底部电极22的写入电流(I_{AP-P}),该写入电流在自由层12处感生STT以将自由层12的磁性取向相对于钉扎层14改变成P。如果磁性取向从P变为AP,则产生从底部电极22流向顶部电极20的电流(I_{P-AP}),该电流在自由层12处感生STT以将自由层12的磁性取向相对于钉扎层14改变成AP。

[0010] 无论设备是被提供作为开关还是读取/写入存储器设备,或者设备变成什么状态,都要求一定量的电流(即,功率)。功耗使诸如移动电话之类的移动终端的电池寿命缩短,并且产生所有设备都必须消除的废热。因此,如上所述,总体期望的目标是减少可能采用MRAM的基于处理器的系统中的功耗。

发明内容

[0011] 在具体实施方式中所公开的实施例包括自旋晶体管以及相关存储器、存储器系统和方法。自旋晶体管由具有共享多铁层的至少两个磁性隧道结(MTJ)提供。在一个实施例中,多铁层由具有金属电极(金属)的铁磁薄膜(FM通道)之上的压电(PE)薄膜形成。铁磁层用作自旋通道,并且压电层用于转移压电应力,以控制通道的自旋状态。共享层的一侧上的MTJ形成自旋晶体管的源极,并且另一侧上的MTJ形成自旋晶体管的漏极。当向PE膜提供电压脉冲时,PE膜在铁磁层中感生应力。铁磁层中感生的应力各向异性反过来使有利自旋取向(易磁化轴)从初始平行或反平行状态旋转九十度。该旋转建立了亚稳自旋状态。当在自旋晶体管的源极与漏极之间施加小电压时,小自旋极化电流使自旋状态突变为平行取向并且将通道变为低阻抗状态,完成了自旋晶体管的接通状态转变。当源极与漏极之间无电压时,磁偶极子将自旋状态强制变为反平行并且将通道改变为高阻抗状态,完成了关断状态转变。

[0012] 就这点而言,在一个实施例中,电压控制自旋通道包括第一电极、被配置为提供通道区的铁磁层、以及设置在第一电极与铁磁层之间、被配置为提供栅极电介质的压电电介质层。

[0013] 在另一个实施例中,提供了自旋晶体管。自旋晶体管包括第一MTJ、第二MTJ、以及共享自旋层,其中第一MTJ包括第一铁磁层和第一通道,所述第二MTJ包括第二铁磁层和第二通道。共享自旋层包括电极、压电层和铁磁自旋层。第一MTJ形成自旋晶体管的源极,第二MTJ形成自旋晶体管的漏极,并且电极形成自旋晶体管的栅极。

[0014] 在另一个实施例中,提供了用于形成自旋晶体管的方法。方法包括提供第一电极、

以及提供被配置为提供通道区的铁磁层。方法还包括将压电电介质层设置在第一电极与铁磁层之间,以提供栅极电介质。

[0015] 在另一个实施例中,提供了用于形成自旋晶体管的方法。方法包括提供包含第一铁磁层和第一通道的第一MTJ。方法还包括提供包含第二铁磁层和第二通道的第二MTJ。方法还包括提供包含电极、压电电介质层和铁磁自旋层的共享自旋层,其中,第一MTJ形成自旋晶体管的源极,第二MTJ形成自旋晶体管的漏极,并且电极形成自旋晶体管的栅极。

[0016] 在另一个实施例中,自旋阀开关包括第一电极、被配置为提供通道区的铁磁层、设置在第一电极与铁磁层之间、被配置为提供栅极电介质的压电电介质层、形成具有铁磁层的第一磁性结或第一自旋阀的第一固定铁磁层、以及形成具有铁磁层的第二磁性结或第二自旋阀的第二固定铁磁层。

附图说明

[0017] 图1是以平行(P)状态和反平行(AP)状态示出的现有技术中的磁性隧道结的图示;

[0018] 图2是采用现有技术中的传统磁性隧道结(MTJ)设计的示例性磁性随机存取存储器(MRAM)位单元的图示;

[0019] 图3是根据本公开内容的电压控制自旋通道的示例性实施例的简化框图;

[0020] 图4A-4C示出了图3的自旋晶体管的三种状态;

[0021] 图5A-5D是由设置在第一电极与铁磁(FM)层之间的压电(PE)层形成的示例性自旋阀开关和自旋晶体管的框图;

[0022] 图6是图5D的自旋晶体管的示图,示出了偏置电压,该偏置电压导致由PE层产生的应力感生的亚稳状态;

[0023] 图7是图5D的自旋晶体管的示图,示出了借助于图6的应力感生的亚稳状态的自旋电流感生的极化状态的变化;

[0024] 图8是用于图5D的示例性自旋晶体管的所提出的示例性电路图符号;

[0025] 图9是包含图5D的自旋晶体管的示例性存储器设备;以及

[0026] 图10是可以包括本文中所公开的自旋晶体管的示例性基于处理器的系统的框图。

具体实施方式

[0027] 现在参考附图对本公开内容的若干示例性实施例进行描述。术语“示例性”在本文中用于表示“用作示例、实例或图示”。本文中被描述为“示例性”的任何实施例不一定被理解为相对于其它实施例是优选实施例或有利的实施例。

[0028] 在具体实施方式中所公开的实施例包括自旋晶体管和相关存储器、存储器系统和方法。自旋晶体管由具有共享多铁层的至少两个磁性隧道结(MTJ)提供。在一个实施例中,多铁层由具有金属电极(金属)的铁磁薄膜(FM通道)之上的压电(PE)薄膜形成。铁磁层用作自旋通道,并且压电层用于转移压电应力以控制通道的自旋状态。共享层的一侧上的MTJ形成自旋晶体管的源极,并且另一侧上的MTJ形成自旋晶体管的漏极。当向PE膜提供电压脉冲时,PE膜在铁磁层中感生应力。铁磁层中感生的应力各向异性反过来使有利自旋取向(易磁化轴)从初始平行或反平行状态旋转九十度。该旋转建立了亚稳自旋状态。当在自旋晶体管的源极与漏极之间施加小电压时,小自旋极化电流使自旋状态突变为平行取向并且将通道

变为低阻抗状态,完成了自旋晶体管的接通状态转变。当源极与漏极之间无电压时,磁偶极子将自旋状态强制变为反平行并且将通道改变为高阻抗状态,完成了关断状态转变。

[0029] 就这点而言,图3是电压控制自旋通道150的简化图。电压控制自旋通道150可以形成以下详细描述自旋晶体管的构件块。电压控制自旋通道150包括压电电介质层152。铁磁层154在压电电介质层152的一侧上,并且金属层156在压电电介质层152的另一侧上。金属层156为电压控制自旋通道150提供第一电极,并且铁磁层154为电压控制自旋通道150提供通道区。压电电介质层152用作栅极电介质。压电电介质层152与铁磁层154有时在本文中被统称为多铁堆叠体。

[0030] 电压控制自旋通道150具有铁磁层154的能态,并且该能态在本文中被限定为 E_{total} 。电压控制自旋通道150的最稳定的状态是最低能态。 E_{total} 等于磁性元件的物理性质、由任何磁偶极子形成的能量以及任何外力的总和。因此, E_{total} 在数学上可以进行如下限定:

$$[0031] \quad E_{total} = E_0 + E_{dipole} + E_{spin-torque} + E_{stress-anisotropy}$$

[0032] 其中, E_0 是磁性元件的物理性质和几何结构的函数, E_{dipole} 是磁偶极子的函数, $E_{spin-torque}$ 是自旋-自旋相互作用或自旋扭矩的函数,并且 $E_{stress-anisotropy}$ 是外部机械力的函数。通常, E_{dipole} 较小。不存在任何 $E_{stress-anisotropy}$ 和 $E_{spin-torque}$ 时,自旋晶体管中的最低能态为反平行,这主要是因为 E_{dipole} 。因此,如果自旋晶体管中包含电压控制自旋通道150,则铁磁层154的默认取向为反平行(即,希望的是与用于形成自旋晶体管(以下更详细地示出)的源极和漏极的固定铁磁层相反)。然而,当通过向金属电极156施加小电压脉冲而将能量以应力的形式从压电电介质层152供应至铁磁层154时, E_{total} 改变并且寻找新的最低能态。在这种情况下,最低能态是亚稳自旋状态,其优选为垂直于易磁化轴的自旋状态。现在,当施加小电压(例如,电流从自旋晶体管中的源极流向漏极)时,小自旋极化电流使自旋状态突变为平行取向并且将通道变为低阻抗状态。当源极与漏极之间无自旋极化电流时,另一个电压脉冲使取向回到反平行。

[0033] 图4A-4C中示出了铁磁层154的状态(并且以下进行了详细论述),即应变感生的亚稳自旋状态转变170A(图4A)、自旋电流设定的接通状态(即,平行)170B(图4B)、以及偶极子感生的关断状态(即,反平行)170C(图4C),并且可以根据金属层156处的电压和源极与漏极之间的自旋电流的存在来在这些状态之间进行转换。

[0034] 继续参考图3和图4A-4C,当向第一电极(即,电压控制自旋通道150的金属层156)施加电压时,该电压使得压电电介质层152改变形状,这使得铁磁层154中产生物理应变。需要相对低的电压来传递该应变(例如,对于薄多铁堆叠体, $<0.1V$)。铁磁层154上的与电压耦合的应变使铁磁层154的状态改变。在应力下,铁磁层154将进入亚稳自旋状态。亚稳自旋状态是铁磁层154处于应变作用下并且自旋取向处于水平状态的状态。一旦释放应力,自旋状态就回到沿着AP或P方向的易磁化轴(垂直),这由自旋极化电流是否流过通道来确定,即,在小自旋极化电流的情况下是平行方向,在无自旋极化电流的情况下是反平行方向。因此,添加物理应变意味着完成对平行自旋取向的改变所需的电流量远远低于改变图2中的MTJ23的状态所需的电流量。因此,电压控制自旋通道150的自旋电流相对较小并且可以在非常低的偏置电压下被传导,例如,0.1V的偏置电压。与CMOS逻辑相似,开关延迟取决于 CV/I ,并且开关能量遵循 CV^2 ,但是具有低 $C(>100A$ 压电层厚度)和非常低的 V^2 。另外,通道状态被锁定,并且因此除了在转换阶段以外,不需要提供功率。

[0035] 电压控制自旋通道150的导电由铁磁层154的自旋极化控制,该自旋极化由通过应变施加到金属层156的电压以及由此在压电层152中感生的应变来操控。

[0036] 在示例性实施例中,压电层152可以是锆钛酸铅(PZT),并且金属层156可以是诸如铜、银或铝等的任何导体。

[0037] 图3和图4A-4C的电压控制自旋通道150易于并入到如图5A-5D中所更充分地示出的电压控制自旋阀开关或自旋晶体管中。特别地,图5A示出了由耦合至第一固定铁磁层158A和第二固定铁磁层158B的电压控制自旋通道150所形成的自旋阀开关172。第一固定铁磁层158A与铁磁层154之间的界面形成磁性结174或自旋阀,磁性结174或自旋阀具有与二极管中的p-n结类似的势能,但它是磁势,而不是电势。同样,第二固定铁磁层158B与铁磁层154之间的界面形成磁性结176。对于大多数材料来说,磁性结174和176的效率不高。注意,如果固定铁磁层158与铁磁层154是由相同的材料制成,则不存在磁性结,并且如果压电电介质层152在铁磁层154上施加应变,则在固定铁磁层158与铁磁层154之间形成磁畴壁。在示例性实施例中,固定铁磁层158由相同的材料制成。然而,在替代的实施例中,固定铁磁层158由不同材料制成,以创建非对称的自旋阀开关。

[0038] 为了提高磁性结174、176处的自旋注入效率,可以使用隧道势垒。图5B和5C示出了分别使用磁性结174、176处的隧道势垒160A、160B的替代的实施例。隧道势垒160A、160B提高了自旋极化电流注入并且避免了铁磁层154、158A、158B之间的导电率不匹配。这种结也被称为磁性隧道结。

[0039] 因此,磁性结174、176处的两个隧道势垒160A、160B的使用提供了自旋晶体管178,如图5D中所示。更具体地,图5D共享前述的压电电介质层152、铁磁层154和金属层156。铁磁层154的一侧上的第一固定铁磁层158A用作自旋晶体管178的源极。第一固定铁磁层158A通过隧道势垒160A与铁磁层154分开。铁磁层154的另一侧上的第二固定铁磁层158B用作自旋晶体管178的漏极。第二固定铁磁层158B通过第二隧道势垒160B与铁磁层154分开。实际上,固定铁磁层158A和158B形成了具有由铁磁层154形成的共享通道的两个MTJ。金属层156用作栅极电极,并且铁磁层158A、158B提供源极和漏极,可以将电极固定到所述源极和漏极。该结构使自旋晶体管178能够用作开关或存储器元件。在任何一种情况下,该结构能够利用比其它设计少的电流来改变状态,这反过来节省了功率。

[0040] 图6是图5的自旋晶体管178的示意图,示出了施加到压电电介质层152的电压,压电电介质层152在铁磁层154中感生亚稳自旋状态。注意,电压源180提供施加至金属层156的电压 V_g ,并且,在示例性实施例中,电压 V_g 小于0.1V。同样,电压源182在自旋晶体管178的源极与漏极之间提供电压 V_{ds} 。同样,在示例性实施例中,电压 V_{ds} 可以小于0.1V。

[0041] 图7示出了自旋晶体管178,并且向自旋晶体管178的源极和漏极施加电流,以使铁磁层154从亚稳状态转变为接通状态(实线箭头)或关断状态(虚线箭头)。同样,从亚稳状态转换到接通状态或关断状态所需的电流非常低,并且因此实现了省电。

[0042] 本公开内容的布置提供了具有较低的电源供应(V_{gs} 和 V_{ds} 电压近似为 $\ll 0.1V$)的单畴铁磁通道(高接通/关断比)。举例来说,说明了50mV。此外,压电电介质层152的厚度相对厚,用于应变转换,这产生了与其相关联的低电容。同样,由栅极电压脉冲转换通道状态存储器(接通和关断)。

[0043] 图8是用于图5D的示例性自旋晶体管的示例性电路图符号200。可以使用其它符

号,但是所提出的符号200能够唤起本公开内容的结构。

[0044] 图9示出了如上所述的用作磁性随机存取存储器(MRAM)的自旋晶体管178的示例性实施例。具体地,图9示出了具有位线212的第一MRAM210,位线212具有耦合在固定铁磁层158A、158B两端的位线电压 V_{BL} 。具有字线电压 V_{WL} 的字线214耦合至金属层156,金属层156用作第一电极。

[0045] 根据本文中所公开的实施例的具有存储器的自旋晶体管可以被提供到或集成到任何基于处理器的设备中。非限制性示例包括机顶盒、娱乐单元、导航设备、通信设备、固定位置数据单元、移动位置数据单元、移动电话、蜂窝电话、计算机、便携式计算机、台式计算机、个人数字助理(PDA)、监视器、计算机监视器、电视机、调谐器、收音机、卫星收音机、音乐播放器、数字音乐播放器、便携式音乐播放器、数字视频播放器、视频播放器、数字视频光盘(DVD)播放器、以及便携式数字视频播放器。

[0046] 就这点而言,图10示出了可以采用图5D中所示的自旋晶体管178的基于处理器的系统50的示例。在该示例中,基于处理器的系统50包括一个或多个中央处理单元(CPU)52,每个中央处理单元(CPU)52包括一个或多个处理器54。CPU 52可以是主设备。CPU 52可以具有耦合至(多个)处理器54的高速缓冲存储器56,用于快速存取暂时存储的数据。CPU52耦合至系统总线58并且可以使基于处理器的系统50中所包含的主设备与从设备相互耦合。众所周知,CPU 52通过在系统总线58上交换地址、控制和数据信息来与这些其它设备进行通信。尽管图10中未示出,但是可以提供多个系统总线58,其中每个系统总线58组成不同的交换结构。

[0047] 可以将其它主设备和从设备连接至系统总线58。如图10所示,例如,这些设备可以包括存储器系统60、一个或多个输入设备62、一个或多个输出设备64、一个或多个网络接口设备66以及一个或多个显示控制器68。(多个)输入设备62可以包括任何类型的输入设备,包括但不限于输入键、开关、声音处理器等。(多个)输出设备64可以包括任何类型的输出设备,包括但不限于音频、视频、其它视觉指示器等。(多个)网络接口设备66可以是配置为允许到和来自网络70的数据的交换的任何设备。网络70可以是任何类型的网络,包括但不限于有线或无线网络、专用或公用网络、局域网(LAN)、广域网(WLAN)和因特网。(多个)网络接口设备66可以被配置为支持所需的任何类型的通信协议。存储器系统60可以包括一个或多个存储器单元72(0-N),存储器单元72(0-N)可以包括一个或多个MRAM 210。

[0048] CPU 52也可以被配置为通过系统总线58访问(多个)显示控制器68,以控制发送到一个或多个显示器74的信息。(多个)显示控制器68向(多个)显示器74发送要经由一个或多个视频处理器76显示的信息,所述视频处理器76将要显示的信息处理成适合于(多个)显示器74的格式。(多个)显示器74可以包括任何类型的显示器,包括但不限于阴极射线管(CRT)、液晶显示器(LCD)、等离子显示器等。

[0049] 本领域的技术人员还将意识到,可以将结合本文中所公开的实施例所描述的各种说明性的逻辑块、模块、电路和算法实施为电子硬件、存储在存储器或另一计算机可读介质中并且由处理器或其它处理设备执行的指令、或者两者的组合。例如,本文中所描述的判别器、主设备和从设备可以用于任何电路、硬件部件、集成电路(IC)或IC芯片中。本文中所公开的存储器可以是任何类型和尺寸的存储器,并且可以被配置为存储所需的任何类型的信息。为了清楚地示出该互换性,上文总体上在其功能方面对各种说明性部件、块、模块、电路

和步骤进行了描述。这些功能如何实施取决于特定的应用、设计选择和/或施加在整体系统上的设计约束。对于每个特定应用,技术人员可以采用不同方式来实施所描述的功能,但是这些实施方式决定不应该被理解为脱离本发明的范围。

[0050] 结合本文中所公开的实施例所描述的各种示例性逻辑块、模块和电路可以使用被设计为执行本文中所描述的功能的处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其它可编程逻辑器件、分立栅极或晶体管逻辑、分立硬件部件、或者它们的任何组合来实施或实现。处理器可以是微处理器,但是替代地,处理器可以是任何传统的处理器、控制器、微处理器或状态机。处理器也可以被实施为计算设备的组合,例如,DSP与微处理器的组合、多个微处理器、一个或多个微处理器结合DSP核、或任何其它这种配置。

[0051] 本文中所公开的实施例可以体现在硬件和存储在硬件中的指令中,并且可以存在于例如随机存取存储器(RAM)、闪存存储器、只读存储器(ROM)、电可编程只读存储器(EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、寄存器、硬盘、可移除磁盘、CD-ROM或本领域中公知的任何其它形式的计算机可读介质中。示例性存储介质耦合至处理器,以使处理器能够从存储介质读取信息或向存储介质写入信息。在替代的实施例中,可以将存储介质集成到处理器中。处理器和存储介质可以存在于ASIC中。ASIC可以存在于远程站中。在替代的实施例中,处理器和存储介质可以作为分立部件存在于远程站、基站或服务器中。

[0052] 还应该注意的是,对本文中的任何示例性实施例中所描述的操作步骤进行描述是为了提供示例和论述。可以采用除了所示出的顺序以外的多种不同顺序来执行所描述的操作。此外,在单个操作步骤中所描述的操作实际上可以采用多个不同的步骤来执行。另外,示例性实施例中所论述的一个或多个操作步骤可以进行组合。应该理解的是,对于本领域的技术人员来说显而易见的是,可以对流程图所示出的操作步骤做出多种不同的修改。本领域的技术人员还应该理解的是,可以使用多种不同的技术和工艺中的任何技术和工艺来表示信息和信号。例如,在整个以上说明中所提到的数据、指令、命令、信息、信号、位、符号和芯片可以由电压、电流、电磁波、磁场或磁粒子、光场或光粒子或者、它们的任何组合来表示。

[0053] 提供本公开内容的前述说明以使本领域的任何技术人员能够制造或使用本公开内容。对本公开内容做出的各种修改对于本领域的技术人员来说是显而易见的,并且在不脱离本公开内容的精神或范围的条件下,本文中所限定的基本原则可以应用于其它变型。因此,本公开内容并不是要限于本文中所描述的示例和设计,而是要符合与本文中所公开的原则和新颖特征一致的最宽的范围。

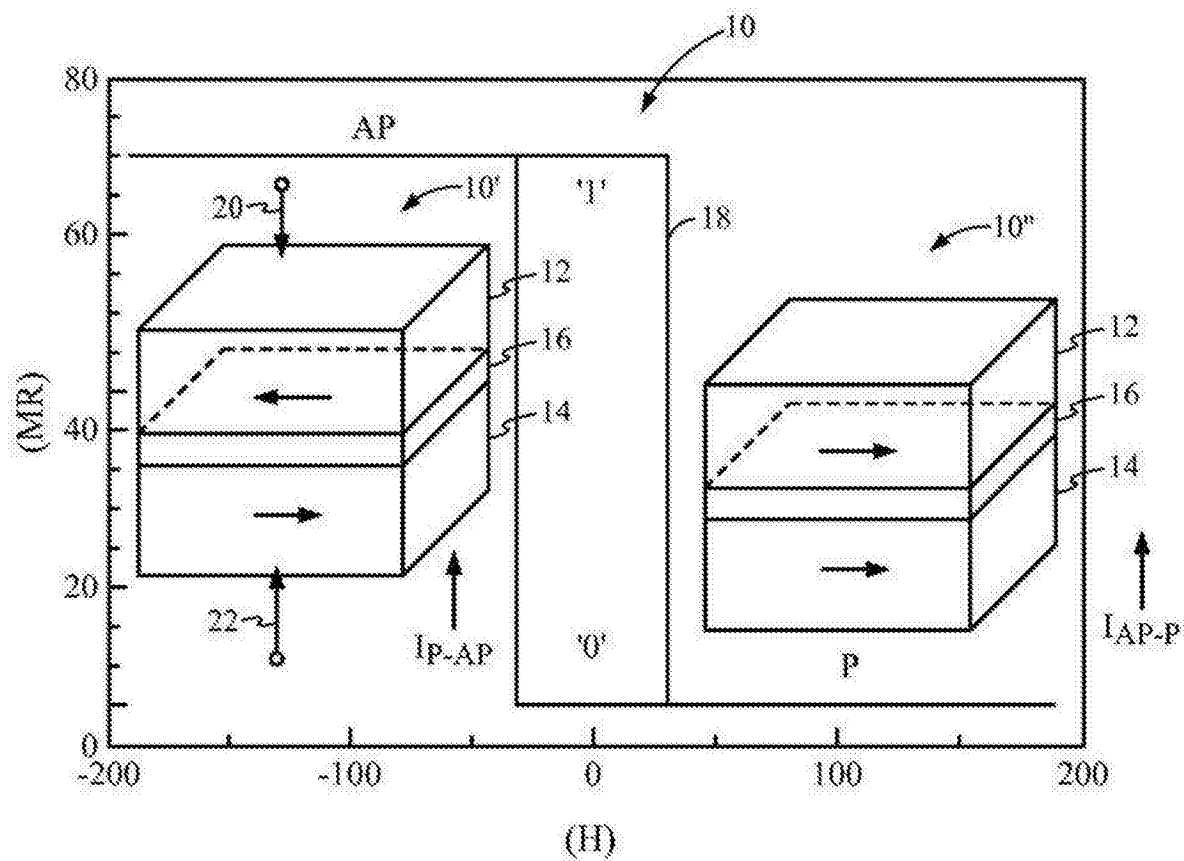


图1现有技术

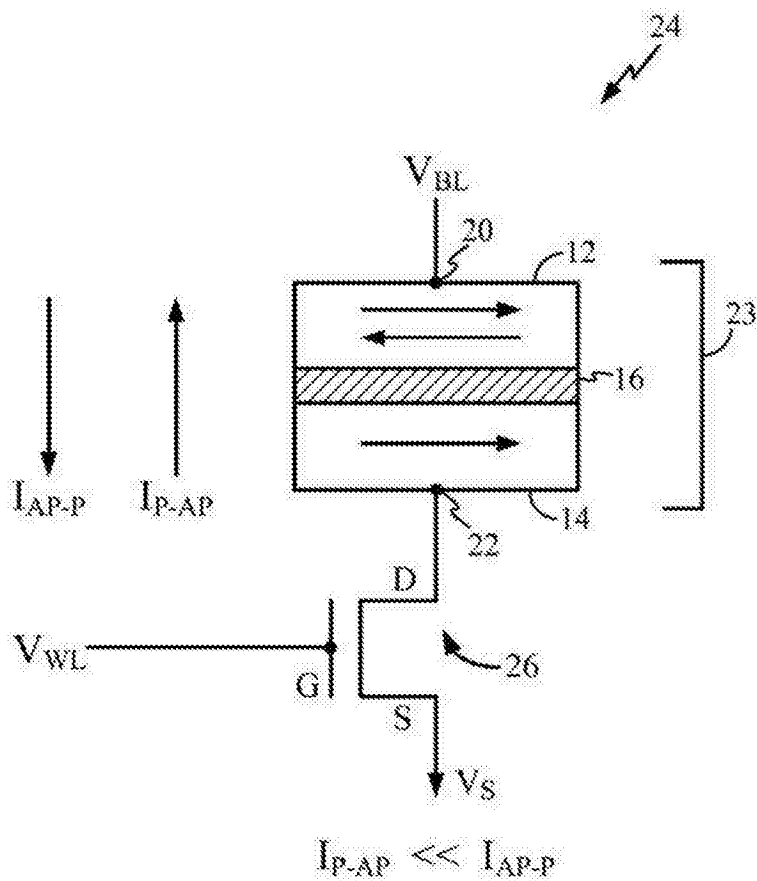


图2现有技术

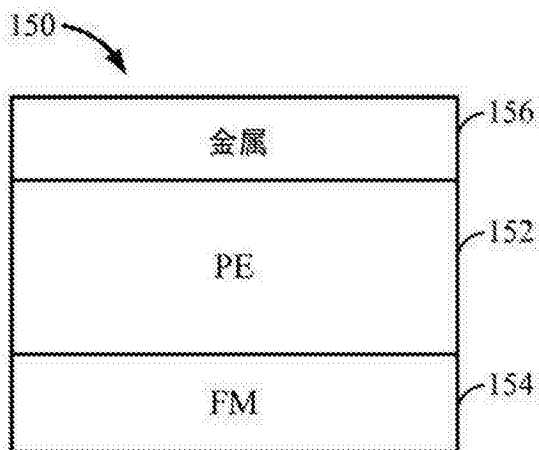


图3

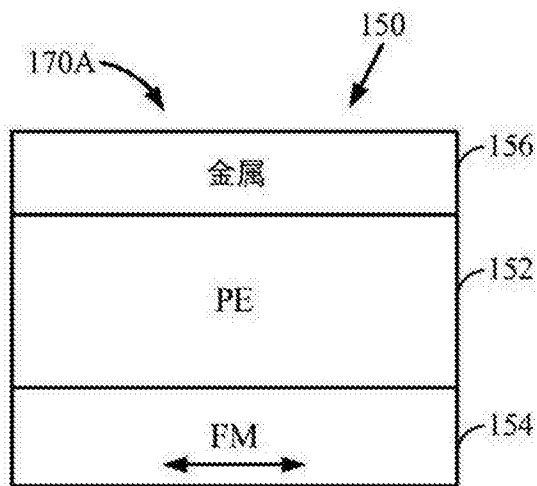


图4A

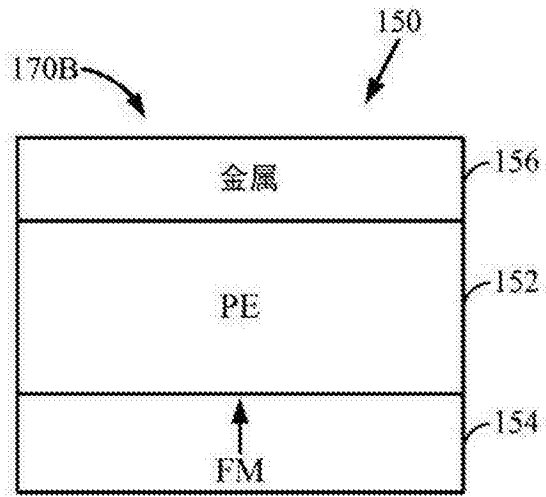


图4B

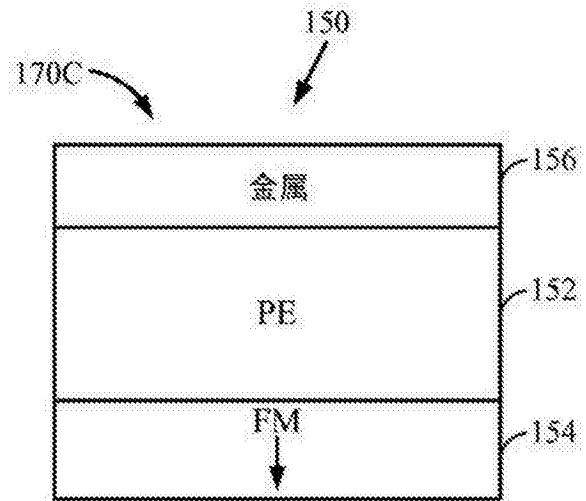


图4C

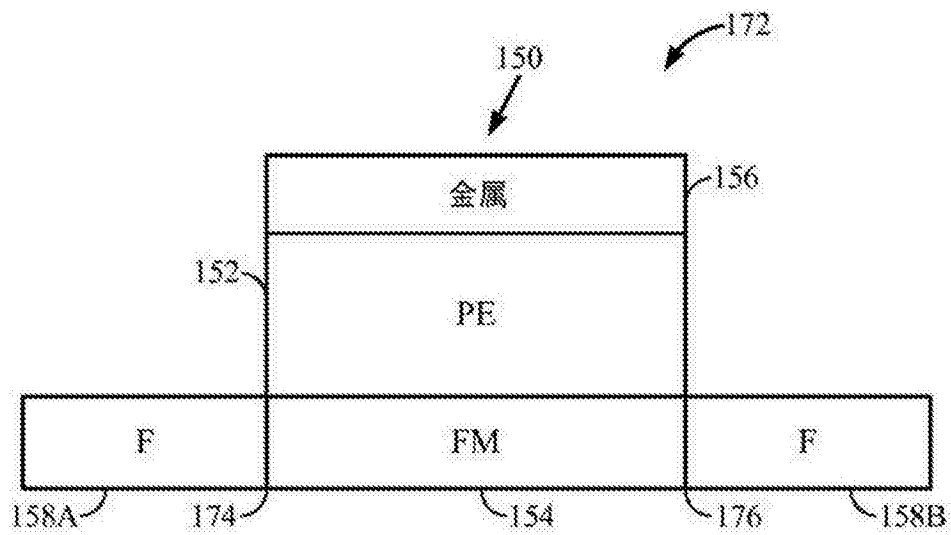


图5A

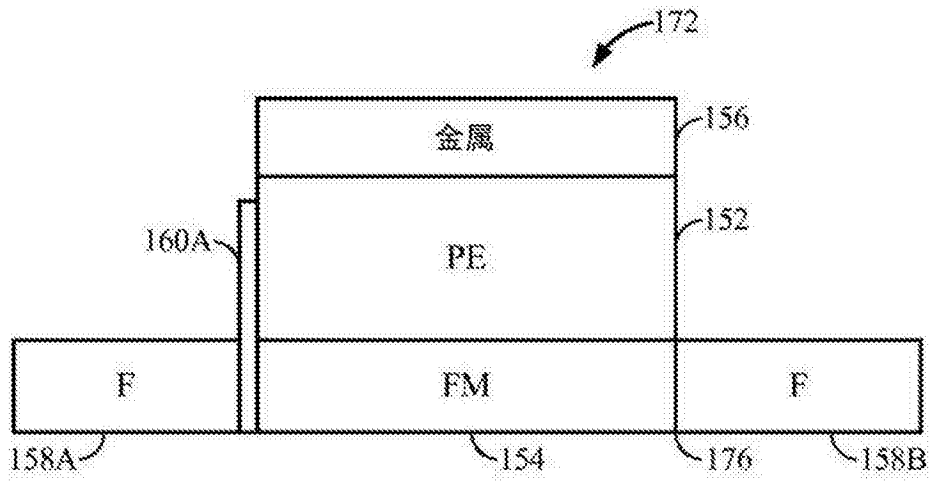


图5B

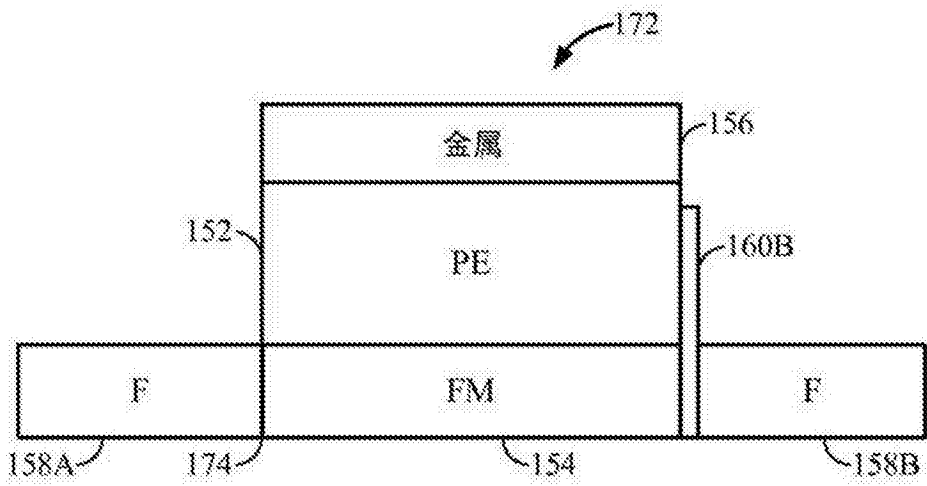


图5C

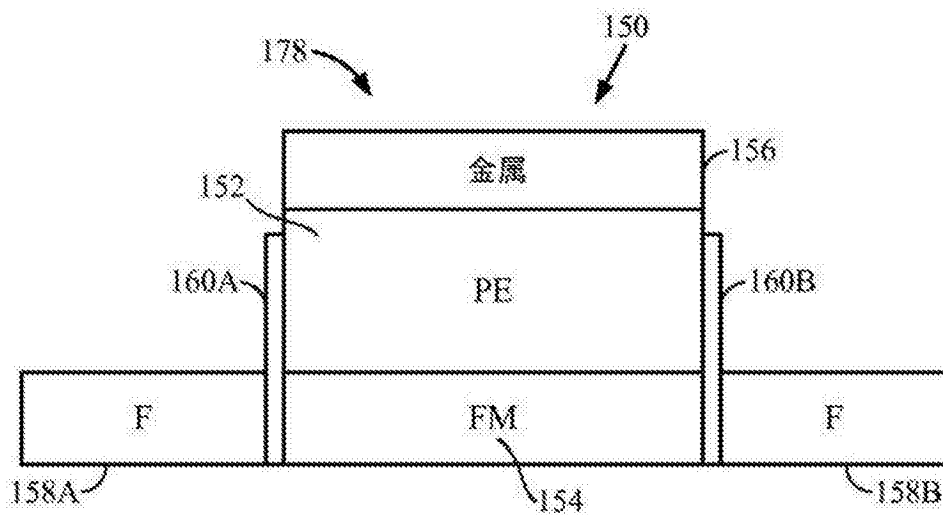


图5D

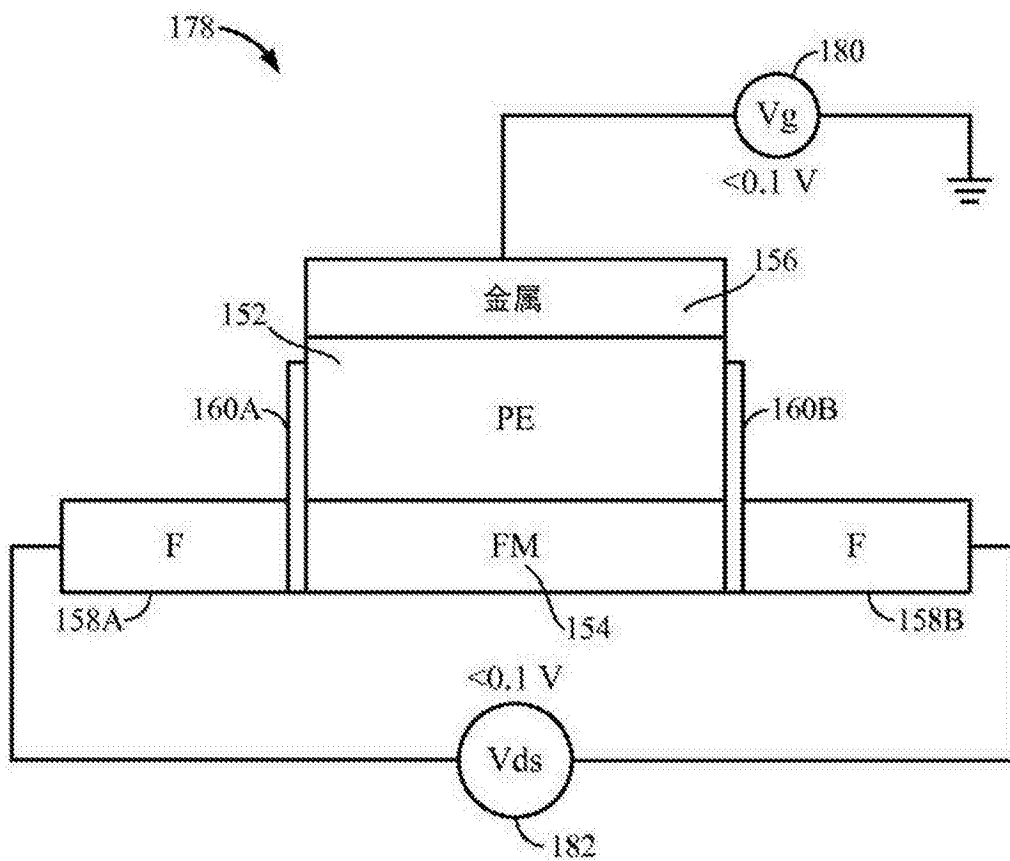


图6

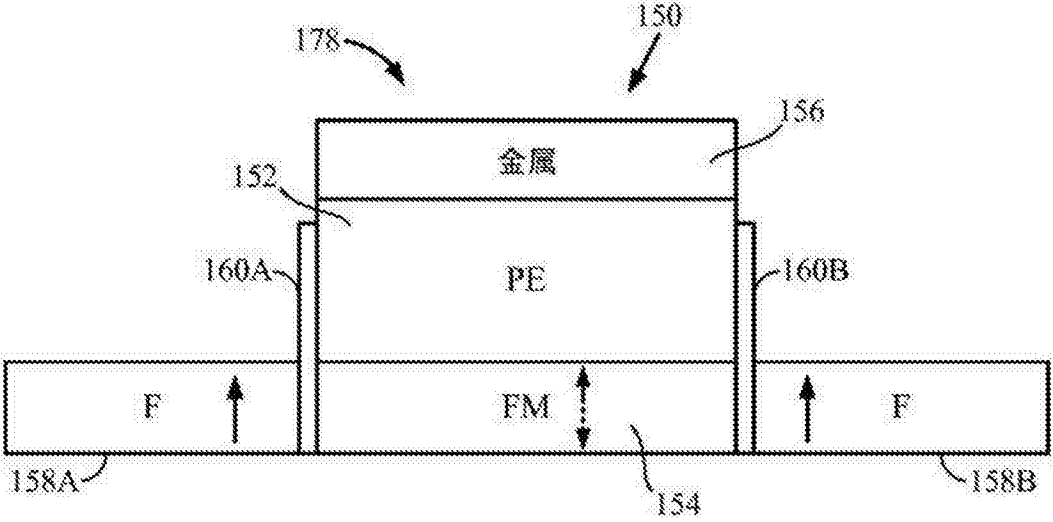


图7

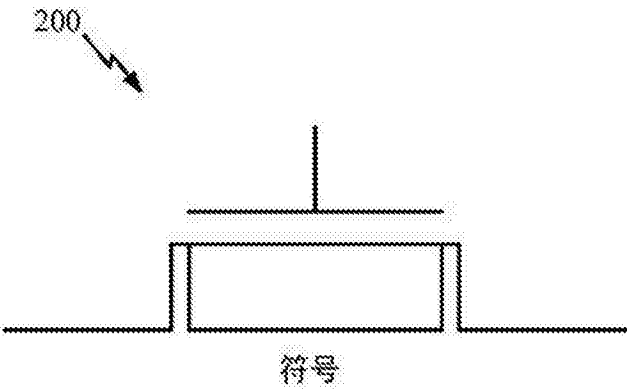


图8

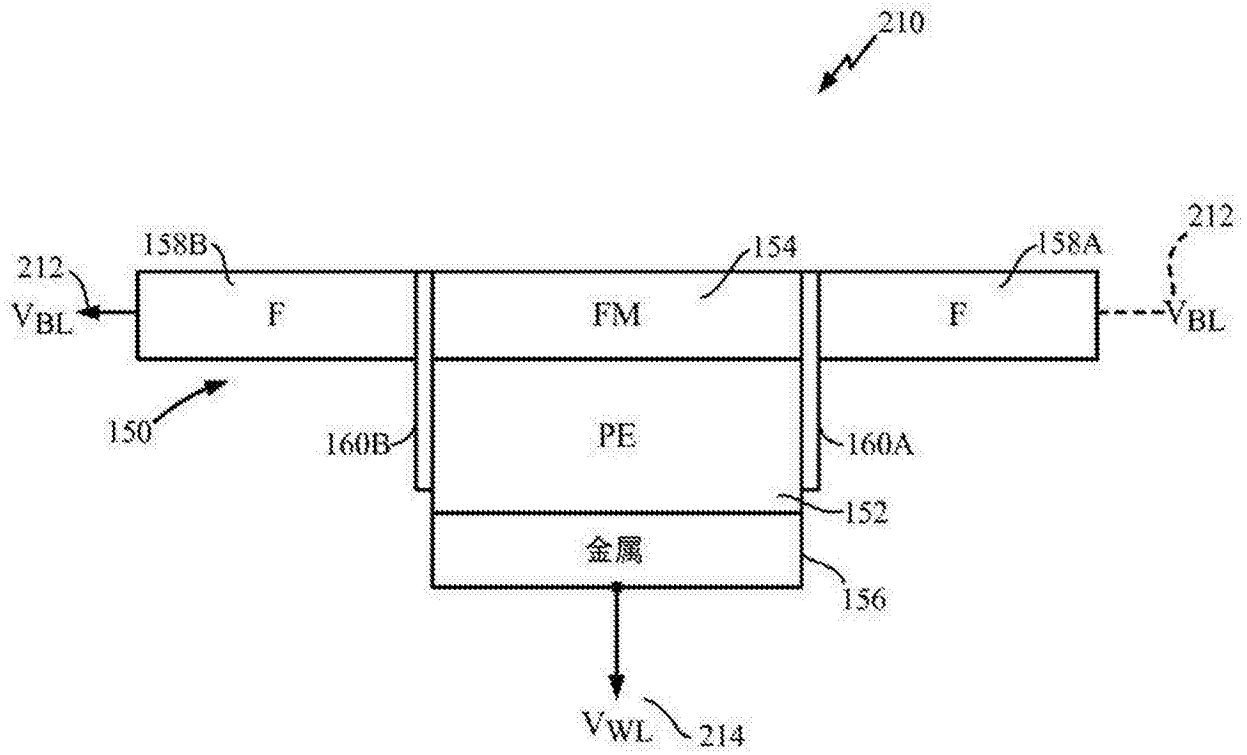


图9

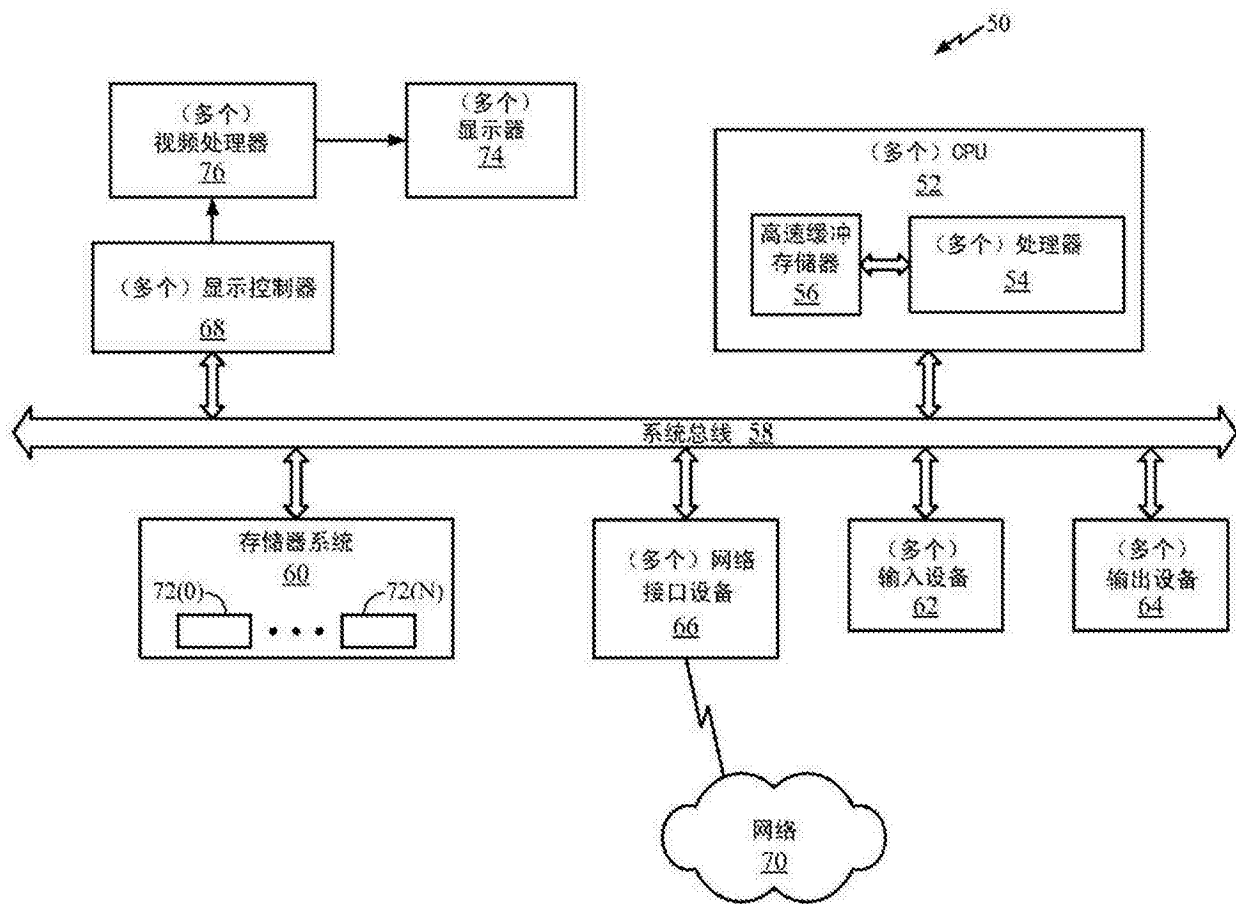


图10