



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105580284 B

(45)授权公告日 2018.08.14

(21)申请号 201480052436.3

(22)申请日 2014.09.24

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105580284 A

(43)申请公布日 2016.05.11

(30)优先权数据

14/036,526 2013.09.25 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.03.23

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/057176 2014.09.24

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/048104 EN 2015.04.02

(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 W·吴 S·K·戈文达斯瓦米

R·S·马达拉 P·王

K·H·L·阮 D·J·W·昂基纳

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 张扬 王英

(51)Int.Cl.

H04B 5/00(2006.01)

H01L 43/08(2006.01)

(56)对比文件

US 2008232479 A1,2008.09.25,

US 2002177409 A1,2002.11.28,

CN 201788291 U,2011.04.06,

DE 102007009724 A1,2007.09.06,

US 2011156798 A1,2011.06.30,

US 2010248623 A1,2010.09.30,

审查员 莫世英

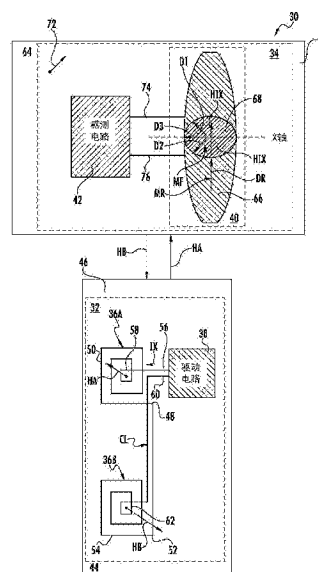
权利要求书4页 说明书35页 附图16页

(54)发明名称

使用面内磁场的非接触式数据通信以及相关的方法和系统

(57)摘要

本申请中描述的实施例是关于非接触式数据通信的。本申请中公开了非接触式数据通信的相关系统和方法。例如,公开了基于磁场的非接触式发射机(32),包括基板(44)、布置在该基板上的一对偶极线圈(36A,36B),和电耦合到该偶极线圈对的驱动电路(38)。为了向布置在第二基板(64)上的磁性隧道结(MTJ)接收机(34)发送数据,该驱动电路被配置为驱动该偶极线圈对以生成相对于MTJ接收机处于面内的磁场(HIX)。可以使用这一磁场将数据从基于磁场的非接触式发射机发送到MTJ接收机。



1. 一种基于面内磁场的非接触式发射机,包括:

基板;

一对偶极线圈,被布置在所述基板上,并且包括与第二偶极线圈配对的第一偶极线圈;
以及

驱动电路,电耦合到所述一对偶极线圈,并且被配置为:

驱动所述第一偶极线圈处于第一磁场以及驱动所述第二偶极线圈处于与所述第一磁场相反的第二磁场中以生成相对于布置在第二基板上的磁性隧道结 (MTJ) 接收机处于面内的磁场;

接收逻辑输入;

响应于具有第一逻辑值的所述逻辑输入的逻辑状态,驱动所述第一偶极线圈处于所述第一磁场中并且驱动所述第二偶极线圈处于所述第二磁场中,以使得所述第一磁场被定向为背离所述第二基板并且所述第二磁场被定向为朝向所述第二基板;以及

响应于具有第二逻辑值的所述逻辑输入的逻辑状态,驱动所述第一偶极线圈处于所述第一磁场中并且驱动所述第二偶极线圈处于所述第二磁场中,以使得所述第一磁场被定向为朝向所述第二基板并且所述第二磁场被定向为背离所述第二基板。

2. 根据权利要求1所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中,所述驱动电路还被配置为响应于具有第三逻辑值的所述逻辑输入的逻辑状态,不驱动所述第一偶极线圈处于所述第一磁场中以及不驱动所述第二偶极线圈处于所述第二磁场中。

3. 根据权利要求1所述的基于面内磁场的非接触式发射机,还包括:

第二对偶极线圈,被布置在所述基板上,并且包括与第四偶极线圈配对的第三偶极线圈;以及

第二驱动电路,电耦合到所述第二对偶极线圈,并且被配置为驱动所述第三偶极线圈处于第三磁场中以及驱动所述第四偶极线圈处于与第三磁场相反的第四磁场中以生成相对于布置在所述第二基板上的第二磁性隧道结 (MTJ) 接收机处于面内的第二磁场。

4. 根据权利要求3所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中,所述一对偶极线圈和所述第二对偶极线圈被布置为使得相对于布置在所述第二基板上的所述MTJ接收机处于面内的所述磁场与相对于布置在所述第二基板上的所述第二MTJ接收机处于面内的所述第二磁场正交。

5. 根据权利要求3所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中,所述一对偶极线圈和所述第二对偶极线圈被布置为在所述基板上定义平面,并且所述第二对偶极线圈是相对于所述一对偶极线圈正交地布置在所述平面上的。

6. 根据权利要求3所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中:

所述第二驱动电路还被配置为接收第二逻辑输入,并且所述第二驱动电路被配置为驱动所述第三偶极线圈处于所述第三磁场中并且驱动所述第四偶极线圈处于所述第四磁场中,以使得相对于所述第二MTJ接收机处于面内的所述第二磁场是根据所述第二逻辑输入的逻辑状态来定向的。

7. 根据权利要求3所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中:

所述驱动电路还被配置为接收第一逻辑输入,并且所述驱动电路被配置为响应于具有逻辑值的所述第一逻辑输入的逻辑状态,驱动所述第一偶极线圈处于所述第一磁场中并且

驱动所述第二偶极线圈处于所述第二磁场中,以使得所述第一磁场被定向为朝向所述第二基板并且所述第二磁场被定向为背离所述第二基板;以及

所述第二驱动电路还被配置为接收第二逻辑输入,并且所述第二驱动电路被配置为响应于具有所述逻辑值的所述第二逻辑输入的逻辑状态,驱动所述第三偶极线圈处于所述第三磁场中并且驱动所述第四偶极线圈处于所述第四磁场中,以使得所述第三磁场被定向为朝向所述第二基板并且所述第四磁场被定向为背离所述第二基板。

8. 根据权利要求7所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中:

所述驱动电路被配置为响应于具有另一个逻辑值的所述第一逻辑输入的逻辑状态,驱动所述第一偶极线圈处于所述第一磁场中并且驱动所述第二偶极线圈处于所述第二磁场中,以使得所述第一磁场被定向为背离所述第二基板并且所述第二磁场被定向为朝向所述第二基板;以及

所述第二驱动电路被配置为响应于具有另一个逻辑值的所述第二逻辑输入的逻辑状态,驱动所述第三偶极线圈处于所述第三磁场中并且驱动所述第四偶极线圈处于所述第四磁场中,以使得所述第三磁场被定向为背离所述第二基板并且所述第四磁场被定向为朝向所述第二基板。

9. 根据权利要求8所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中:

所述驱动电路还被配置为响应于具有又一个逻辑值的所述第一逻辑输入的逻辑状态,不驱动所述第一偶极线圈处于所述第一磁场中并且不驱动所述第二偶极线圈处于所述第二磁场中;以及

所述第二驱动电路还被配置为响应于具有又一个逻辑值的所述第二逻辑输入的逻辑状态,不驱动所述第三偶极线圈处于所述第三磁场中并且不驱动所述第四偶极线圈处于所述第四磁场中。

10. 根据权利要求1所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中,所述一对偶极线圈被布置在所述基板上,以使得作为所述第一磁场被定向为朝向所述第二基板并且所述第二磁场被定向为背离所述第二基板的结果,在面内并且在第一方向上生成所述磁场;并且使得作为所述第一磁场被定向为背离所述第二基板并且所述第二磁场被定向为朝向所述第二基板的结果,在面内并且在第二方向上生成所述磁场。

11. 根据权利要求10所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中,所述第一方向是沿着相对于所述MTJ接收机处于面内的轴的,并且所述第二方向也是沿着所述相对于所述MTJ接收机处于面内的轴的,其中,所述第二方向与所述第一方向沿着所述轴相反。

12. 根据权利要求1所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中:

所述第一偶极线圈是绕着第一中心轴卷绕的以使得所述第一磁场是沿着所述第一中心轴取向的;以及

所述第二偶极线圈是绕着第二中心轴卷绕的以使得所述第二磁场是沿着所述第二中心轴取向的。

13. 根据权利要求12所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中:

所述磁场是沿着其它轴被生成成为相对于所述第二基板上的所述MTJ接收机处于面内的;以及

所述一对偶极线圈被定位为使得所述第一中心轴和所述第二中心轴与所述其它轴相

交。

14. 根据权利要求12所述的基于面内磁场的非接触式发射机, 其中:

所述磁场是沿着其它轴被生成成为相对于所述第二基板上的所述MTJ接收机处于面内的; 以及

所述一对偶极线圈被定位为使得所述第一中心轴和所述第二中心轴与所述其它轴正交。

15. 根据权利要求1所述的基于面内磁场的非接触式发射机, 其中, 所述一对偶极线圈被布置为使得所述第一磁场和所述第二磁场生成具有最大值的磁场线, 其中, 相对于所述MTJ接收机处于面内的所述磁场被布置在所述第二基板上。

16. 根据权利要求1所述的基于面内磁场的非接触式发射机, 其中, 所述基于面内磁场的非接触式发射机被设置在集成电路(IC)封装件中。

17. 根据权利要求1所述的基于面内磁场的非接触式发射机, 其中, 所述基于面内磁场的非接触式发射机被集成到选自由以下各项构成的集合中的设备内: 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、包括便携式计算机和桌面型计算机的计算机、个人数字助理(PDA)、包括计算机监视器的监视器、电视机、调谐器、包括卫星无线电装置的无线电装置、包括数字音乐播放器和便携式音乐播放器的音乐播放器、包括便携式数字视频播放器的数字视频播放器、和数字视频盘(DVD)播放器。

18. 根据权利要求1所述的基于面内磁场的非接触式发射机, 其中, 所述基于面内磁场的非接触式发射机被集成到集成电路(IC)中。

19. 一种基于面内磁场的非接触式发射机, 包括:

用于生成第一磁场和第二磁场的单元;

用于驱动所述第一磁场和所述第二磁场以使得所述第二磁场与所述第一磁场相反以生成相对于被布置在基板上的磁性隧道结(MTJ)接收机处于面内的磁场的单元;

用于接收逻辑输入的单元;

用于响应于具有第一逻辑值的所述逻辑输入的逻辑状态, 驱动第一偶极线圈处于所述第一磁场中并且驱动第二偶极线圈处于所述第二磁场中, 以使得所述第一磁场被定向为背离第二基板并且所述第二磁场被定向为朝向所述第二基板的单元; 以及

用于响应于具有第二逻辑值的所述逻辑输入的逻辑状态, 驱动所述第一偶极线圈处于所述第一磁场中并且驱动所述第二偶极线圈处于所述第二磁场中, 以使得所述第一磁场被定向为朝向所述第二基板并且所述第二磁场被定向为背离所述第二基板的单元。

20. 一种面内非接触式发送数据的方法, 包括:

提供布置在基板上并且包括与第二偶极线圈配对的第一偶极线圈的一对偶极线圈;

驱动所述第一偶极线圈处于第一磁场中以及驱动所述第二偶极线圈处于与所述第一磁场相反的第二磁场中以生成相对于布置在第二基板上的磁性隧道结(MTJ)接收机处于面内的磁场;

接收逻辑输入;

响应于具有第一逻辑值的所述逻辑输入的逻辑状态, 驱动所述第一偶极线圈处于所述第一磁场中并且驱动所述第二偶极线圈处于所述第二磁场中, 以使得所述第一磁场被定向

为背离所述第二基板并且所述第二磁场被定向为朝向所述第二基板;以及

响应于具有第二逻辑值的所述逻辑输入的逻辑状态,驱动所述第一偶极线圈处于所述第一磁场中并且驱动所述第二偶极线圈处于所述第二磁场中,以使得所述第一磁场被定向为朝向所述第二基板并且所述第二磁场被定向为背离所述第二基板。

21. 根据权利要求20所述的面内非接触式方法,还包括:

提供被布置在所述基板上并且包括与第四偶极线圈配对的第三偶极线圈的第二对偶极线圈;以及

驱动所述第三偶极线圈处于第三磁场中并且驱动所述第四偶极线圈处于与所述第三磁场相反的第四磁场中以生成相对于布置在所述第二基板上的第二磁性隧道结(MTJ)接收机处于面内的第二磁场。

22. 根据权利要求21所述的面内非接触式方法,其中,所述一对偶极线圈和所述第二对偶极线圈被布置为使得相对于布置在所述第二基板上的所述MTJ接收机处于面内的所述磁场与相对于布置在所述第二基板上的所述第二MTJ接收机处于面内的所述第二磁场正交。

23. 一种基于面内磁场的非接触式发射机,包括:

基板;

第一偶极线圈;

第二偶极线圈;其中,所述第一偶极线圈和所述第二偶极线圈相对于彼此被布置为产生一对正相反的磁偶极;以及

驱动电路,操作性地与所述第一偶极线圈和所述第二偶极线圈相关联,并且被配置为:

接收具有逻辑状态的逻辑输入;

驱动所述第一偶极线圈和所述第二偶极线圈以生成所述一对正相反的磁偶极;以及

通过被配置成进行如下操作来根据所述逻辑输入的所述逻辑状态设置所述一对正相反的磁偶极的磁极性:

响应于具有第一逻辑值的所述逻辑输入的所述逻辑状态,通过所述第一偶极线圈提供所述一对正相反的磁偶极中的一个磁偶极使得所述一对正相反的磁偶极中的所述一个磁偶极指向所述基板之外,以及通过所述第二偶极线圈提供所述一对正相反的磁偶极中的另一个磁偶极使得所述一对正相反的磁偶极中的所述另一个磁偶极指向所述基板之内;以及

响应于具有第二逻辑值的所述逻辑输入的所述逻辑状态,通过所述第二偶极线圈提供所述一对正相反的磁偶极中的所述一个磁偶极使得所述一对正相反的磁偶极中的所述一个磁偶极指向所述基板之外,以及通过所述第一偶极线圈提供所述一对正相反的磁偶极中的另一个磁偶极使得所述一对正相反的磁偶极中的所述另一个磁偶极指向所述基板之内。

24. 根据权利要求23所述的基于面内磁场的非接触式发射机,其中,所述驱动电路还被配置为,响应于具有第三逻辑值的所述逻辑输入的所述逻辑状态,不驱动所述第一偶极线圈和所述第二偶极线圈生成所述一对正相反的磁偶极。

使用面内磁场的非接触式数据通信以及相关的系统和方法

[0001] 优先权声明

[0002] 本专利申请要求于2013年9月25日递交的、名称为“CONTACTLESS DATA COMMUNICATION USING IN-PLANE MAGNETIC FIELDS, AND RELATED SYSTEMS AND METHODS”的美国专利申请序列号14/036,526的优先权,不失其完整性地通过引用将其并入本文。

技术领域

[0003] 概括地说,本公开内容的技术涉及用于非接触式数据通信的系统和方法。

背景技术

[0004] 便携式电子设备,尤其是诸如移动电话和平板电脑,要求内部电路之间的数据通信。例如,便携式电子设备可以包括用于在便携式电子设备中的应用处理器与显示器之间传递数据的数据通信组件。理想的是这些数据通信组件以理想的功率消耗水平在应用处理器与显示器之间提供高数据传输速率。此外,由于这些数据通信组件占用该便携式电子设备内的空间,因此更理想的是这些数据通信组件具有紧凑结构的要素。另外,更为理想的是降低制造和/或组装便携式电子设备所需要的成本和生产周期。

[0005] 有线连接器是在便携式电子设备中采用的用于支持应用处理器与显示器之间的数据交换的一种类型的数据通信组件。图1示出了被配置用于在便携式电子设备16的应用处理器12与显示器14之间传递数据的有线连接器10的示例。如图1中所示出的,在应用处理器主板18上提供应用处理器12。有线连接器10包括耦合到该应用处理器12并安装到应用处理器主板18上的通信插口20。另外,在显示器主板24上提供显示器13和显示控制器22。该显示控制器22操作性地与显示器14相关联以便传递数据和/或实施由用于显示器14的操作的数据所指示的指令。因此,显示器主板24包括耦合到显示控制器22的通信插口26,以使得该显示控制器22能够接收数据。有线连接器10允许数据在通信插口20、26之间传输,并且从而最终在应用处理器12、显示控制器22和显示器14之间传输。在图1中,有线连接器10是凸形端耦合到通信插口20、26的F-PCB连接器。该有线连接器10应有助于实现便携式电子设备16中的用于数据的高效显示的高数据传输速率。但是,该有线连接器10可能相对较大并且在该便携式电子设备16中占用极大量的空间。更具体的,有线连接器10相对于便携式电子设备16的尺寸来说是相对很大的组件。该有线连接器10还可能要求手工组装,从而增加制造成本和组装生产周期。

[0006] 最近,已经开发了各种非接触式连接技术以节省设备空间,降低制造成本和提高组装生产周期。这些非接触式连接技术包括射频(RF)无线连接技术和基带无线连接技术。

[0007] 就这一点而言,图2示出了可以在图1的便携式电子设备16中用来在便携式电子设备16的应用处理器12与显示器14之间无线地传递数据的无线连接器28(与有线连接器10相对)的一个示例。在图2中,无线连接器28采用无线连接技术,诸如RF无线连接技术或基带无线连接技术。RF无线连接技术通常需要比基带无线连接技术更长的通信范围因为很多RF无线连接技术使用远场电磁传播而非近场电磁传播来进行工作。RF无线连接技术还会比基带

无线连接技术消耗更多功率和具有更低的数据传输速率能力。RF无线连接技术中使用的高频率载波信号可以在功率放大设备中造成很高的功率消耗速率。此外,RF无线连接技术会更易受到噪声和失真影响,从而导致更低的数据传输速率。作为替代,图2中的无线连接器28可以实施基带无线连接技术,该技术例如能够达到每秒千兆比特(Gbps)的传输速率。但是,传统基带无线芯片间通信采用诸如感应式耦合和/或传输线耦合的技术,导致相对较高功率开销、较低数据速率和非常有限的通信范围的缺点。

发明内容

[0008] 本申请中描述的实施例与使用面内(in-plane)磁场的非接触式数据通信有关。例如,可使用面内磁场强度(而非如感应式耦合技术中那样用强度变化速率)来代表数据,磁性隧道结(MTJ)可以用于磁场强度感测(而非在感应式耦合非接触式通信技术中那样使用感应线圈来感测磁场强度的变化速率)。本申请中公开了使用面内磁场的非接触式数据通信的相关系统和方法。在本申请中公开的某些实施例中,公开了基于面内磁场的非接触式发射机,其包括基板、布置在该基板上的一对偶极线圈和电耦合到该偶极线圈对的驱动电路。为了向布置在第二基板上的MTJ接收机发送数据,基于磁场的非接触式发射机的驱动电路被配置为驱动该偶极线圈对的第一偶极线圈处于第一磁场,并且驱动第二偶极线圈处于第二磁场或大致与该第一磁场相反地驱动该第二偶极线圈。这样,所述第一磁场和第二磁场生成相对于MTJ接收机处于面内的磁场。通过驱动第一偶极线圈处于第一磁场和驱动第二偶极线圈处于第二磁场,数据可以被从基于磁场的非接触式发射机发送到MTJ接收机以用于由下游电路处理。因为该基于磁场的非接触式发射机所发送的磁场相对于MTJ接收机处于面内,因此该发射机可以通过方向数据和幅度数据复用来提供更高数据传输速率,并且还可以在基带上通信以节省功率。此外,通过生成相对于MTJ接收机处于面内的磁场,该基于磁场的非接触式发射机不仅具有增大的通信范围,还能够以与MTJ接收机相对紧凑的配置方式进行布置。

[0009] 在另一个实施例中,公开了另一个基于面内磁场的非接触式发射机。该基于面内磁场的非接触式发射机包括用于生成第一磁场和第二磁场的单元。此外,该基于面内磁场的非接触式发射机包括用于将第一磁场和第二磁场驱动为使得第二磁场大致上与第一磁场相反的单元。这样,生成相对于布置在基板上的MTJ接收机处于面内的磁场。

[0010] 在另一个实施例中,公开了面内非接触式的发送数据方法。为了实施该示例性实施例,提供了一对偶极线圈。该偶极线圈对被布置在基板上并且包括与第二偶极线圈配对的第一偶极线圈。另外,该第一偶极线圈被驱动为处于第一磁场,而第二偶极线圈被驱动为处于大致上与该第一磁场相反的第二磁场,以产生相对于布置在第二基板上的MTJ接收机处于面内的磁场。

[0011] 在另一个实施例中,公开了另一个基于面内磁场的非接触式发射机。该示例性基于面内磁场的非接触式发射机包括第一偶极线圈、第二偶极线圈和驱动电路。该第一偶极线圈和第二偶极线圈被相对于彼此布置为产生一对正相反的(antipodal)磁偶极。该驱动电路操作性地与第一偶极线圈和第二偶极线圈相关联。更具体的,驱动电路被配置为驱动第一偶极线圈和第二偶极线圈以生成该正相反的磁偶极对。此外,该驱动电路接收具有逻辑状态的逻辑输入,并且依照该逻辑输入的逻辑状态设置该正相反的磁偶极对的每一个磁

偶极的磁极性。

[0012] 为了通过非接触式数据通信接收数据,本申请中还公开了基于磁场的非接触式接收机(例如,MTJ接收机)的实施例。在一个实施例中,基于面内磁场的非接触式接收机包括基板、相对于该基板面内式(in-plane)布置的MTJ、和感测电路。该MTJ具有参考层和自由层。该MTJ的参考层定义相对于该基板处于面内的第一易轴,以使得该参考层的第一磁化被沿着该第一易轴取向(orient)。MTJ的自由层定义与该第一易轴大致上正交并且相对于该基板处于面内的第二易轴。由于该自由层的第二易轴与参考层的第一易轴基本上正交,可以减少用于切换该自由层的功率。这样,MTJ的配置可以给予MTJ高磁场灵敏度,因此允许在传输过程中使用更少的功率。更具体的,该自由层具有第二磁化,该第二磁化是可在被取向在相对于第二易轴的第一方向与被取向在相对于第二易轴的第二方向之间进行切换的。MTJ的电阻与在该自由层的磁化(随着施加的面内磁场变化)和参考层的磁化(固定的)之间的磁取向配准(alignment)有关。更具体的,当自由层的第二磁化被取向在第一方向时,提供处于第一电阻状态的MTJ的电阻。当自由层的第二磁化被取向在第二方向时,提供处于第二电阻状态的MTJ的电阻。该基于磁场的非接触式接收机的感测电路被配置为感测该MTJ的电阻。因此,可以根据该MTJ的电阻是处于第一电阻状态还是第二电阻状态来表示数据。

[0013] 在另一个实施例中,公开另一个基于面内磁场的非接触式接收机。该示例性基于面内磁场的非接触式接收机包括用于定义相对于基板处于面内的第一易轴以使得第一磁化被沿着该第一易轴取向的单元。另外,该基于面内磁场的非接触式接收机包括用于定义与该第一易轴大致正交的并且相对于该基板处于面内的第二易轴的单元。这样,由用于定义该第二易轴的单元提供第二磁化。该第二磁化是可在围绕(around)该第二易轴被取向在第一方向以提供第一电阻状态的电阻与围绕该第二易轴被取向在第二方向以提供第二电阻状态的电阻之间进行切换的。该基于面内磁场的非接触式接收机还包括用于感测该电阻的单元。

[0014] 在另一个实施例中,公开了面内非接触式的接收数据的方法。为了实施该示例性实施例,提供了相对于基板面内式布置的并且具有电阻的MTJ。该MTJ包括参考层和自由层。该MTJ的参考层定义相对于基板处于面内的第一易轴,以使得该参考层的第一磁化被沿着第一易轴取向。该自由层定义与第一易轴大致上正交的并且相对于基板处于面内的第二易轴。为了接收数据,该自由层的第二磁化被取向为使得该第二磁化围绕第二易轴被取向在第一方向以提供第一电阻状态的MTJ的电阻,或者围绕该第二易轴被取向在第二方向以提供第二电阻状态的MTJ的电阻。对该MTJ的电阻进行感测以提供被接收到的数据。

[0015] 本申请中还公开了包括示例性的基于磁场的非接触式发射机和示例性的基于磁场的非接触式接收机以提供非接触式数据通信的非接触式通信设备的实施例。在一个实施例中,该非接触式通信设备具有MTJ、配置为产生一对正相反磁偶极的一对线圈、和驱动电路。该对线圈相对于MTJ布置为使得该正相反的磁偶极对生成相对于MTJ处于面内的磁场。该驱动电路被配置为驱动该对线圈以产生该正相反的磁偶极对。为了以非接触式方式通信数据,该驱动电路还被配置为调整MTJ中的处于面内的磁场的磁场取向。相比于感应器耦合和其它非接触式通信技术,该非接触式通信设备不需要提供边缘调制,能够消耗更少的功率,并且还可以对噪声更有免疫力。

[0016] 在另一个实施例中,公开了另一个非接触式通信设备。该非接触式通信设备包括

用于产生一对正相反的磁偶极以使得该正相反的磁偶极对生成相对于MTJ处于面内的磁场的单元。为了通信数据,该非接触式通信设备还包括用于调整磁场的磁场取向的单元。

[0017] 在又一个实施例中,公开了一种非接触式数据通信方法。为了实施该示例性实施例,MTJ被布置为相对于基板处于面内。产生一对正相反的磁偶极以使得该正相反的磁偶极对生成相对于该MTJ处于面内的磁场。为了通信数据,调整所生成的面内磁场的磁场取向。

附图说明

[0018] 图1示出了根据便携式电子设备中使用的相关技术的示例性有线连接器;

[0019] 图2示出了根据图1中示出的便携式电子设备中使用的相关技术的非接触式数据连接器;

[0020] 图3是示例性非接触式通信设备的系统示意图,其包括用于提供非接触式数据通信的示例性基于磁场的非接触式发射机和示例性的基于磁场的非接触式接收机;

[0021] 图4是示出了使用图3中示出的非接触式通信设备提供非接触式数据通信的示例性处理的流程图;

[0022] 图5是示例性配置的图3中示出的非接触式通信设备的示例性横截面视图,在该示例性配置中提供基于磁场的非接触式发射机以在基于磁场的非接触式接收机中生成面内磁场;

[0023] 图6是在基板上形成的图3中示出的基于磁场的非接触式发射机的俯视图;

[0024] 图7示出了示例性驱动电路的一个实施例,其可以被提供在图6中示出的基于磁场的非接触式发射机中;

[0025] 图8是在基板上形成的图3中示出的基于磁场的非接触式接收机的俯视图;

[0026] 图9示出了示例性磁性隧道结(MTJ)元件的横截面视图,其包括自由层、参考层和其它相关层,其中,该MTJ可以用在图8中示出的基于磁场的非接触式接收机中;

[0027] 图10示出了感测电路的一个实施例,其可以用于图8中示出的基于磁场的非接触式接收机中;

[0028] 图11是另一个示例性的基于磁场的非接触式发射机的俯视图,该发射机具有被配置为在基于磁场的非接触式接收机(未示出)中生成面内磁场的两对偶极线圈,其中,该面内磁场被生成为在方向上大致正交以便发送信息;

[0029] 图12是另一个示例性的基于磁场的非接触式接收机的俯视图,该接收机可以与图11中示出的基于磁场的非接触式发射机一起使用以提供非接触式通信设备,其中,该基于磁场的非接触式接收机具有两个被这样配置的MTJ:一个面内磁场被生成在大致正交的方向中的一个方向上,而另一个面内磁场被生成为在另一个大致正交的方向上,以便接收信息;

[0030] 图13示出了又一个示例性的、具有多个发射机单元的基于磁场的非接触式发射机,其中,每个发射机单元具有与图11中的偶极线圈对类似配置的两对偶极线圈以便并行发送多比特信息符号;

[0031] 图14示出了另一个示例性的基于磁场的非接触式接收机,其可以与图13中示出的基于磁场的非接触式发射机一起使用以提供非接触式通信设备,并且其具有多个接收机单元,其中,每个接收机单元有类似于图13中的MTJ配置的两个MTJ,以便并行接收多比特信息

符号;

[0032] 图15示出了依照本公开内容配置的并用于便携式电子设备中以通过非接触式方式在该便携式电子设备中的应用处理器和显示器之间传递数据的示例性非接触式通信设备;以及

[0033] 图16是图15中示出的便携式电子设备的框图,其包括示例性基于处理器的系统和依照本申请中公开的任何实施例的可以用于向基于处理器的系统中的组件进行非接触式通信的非接触式通信设备。

具体实施方式

[0034] 现在参照附图,描述了本公开内容的几个示例性实施例。本申请中使用词语“示例性的”意为“用作示例、实例或解释说明”。本申请中被描述为“示例性的”任何实施例不一定被解释为比其他实施例更优选或更有优势。

[0035] 本申请中描述的实施例是关于使用面内磁场的非接触式数据通信的。例如,可使用面内磁场强度(而非如感应式耦合技术中那样用强度变化速率)来代表数据,磁性隧道结(MTJ)可以用于磁场强度感测(而非在感应式耦合非接触式通信技术中那样使用感应线圈来感测磁场强度的变化速率)。本申请中公开了使用面内磁场的非接触式数据通信的相关系统和方法。在本申请中公开的某些实施例中,公开了基于面内磁场的非接触式发射机,其包括基板、布置在该基板上的一对偶极线圈和电耦合到该偶极线圈对的驱动电路。为了向布置在第二基板上的MTJ接收机发送数据,基于磁场的非接触式发射机的驱动电路被配置为驱动该偶极线圈对的第一偶极线圈处于第一磁场,并且驱动第二偶极线圈处于第二磁场或大致与该第一磁场相反地驱动该第二偶极线圈。这样,所述第一磁场和第二磁场生成相对于MTJ处于面内的磁场。通过驱动第一偶极线圈处于第一磁场和驱动第二偶极线圈处于第二磁场,数据可以被从基于磁场的非接触式发射机发送到MTJ接收机以用于由下游电路处理。因为该基于磁场的非接触式发射机所发送的磁场是相对于MTJ处于面内的,因此该发射机可以通过方向数据和幅度数据复用来提供更高数据传输速率,并且还可以在基带上通信以节省功率。此外,通过生成相对于MTJ处于面内的磁场,该基于磁场的非接触式发射机不仅具有增大的通信范围,还能够以与MTJ接收机相对紧凑的配置方式进行布置。

[0036] 在另一个实施例中,公开了另一个基于面内磁场的非接触式发射机。该基于面内磁场的非接触式发射机包括用于生成第一磁场和第二磁场的单元。此外,该基于面内磁场的非接触式发射机包括用于将第一磁场和第二磁场驱动为使得第二磁场大致上与第一磁场相反的单元。这样,生成相对于布置在基板上的MTJ接收机处于面内的磁场。

[0037] 在另一个实施例中,公开了面内非接触式的发送数据方法。为了实施该示例性实施例,提供了一对偶极线圈。该偶极线圈对被布置在基板上并且包括与第二偶极线圈配对的第一偶极线圈。另外,该第一偶极线圈被驱动为处于第一磁场,而第二偶极线圈被驱动为处于大致上与该第一磁场相反的第二磁场,以产生相对于布置在第二基板上的MTJ接收机处于面内的磁场。

[0038] 在另一个实施例中,公开了另一个基于面内磁场的非接触式发射机。该示例性基于面内磁场的非接触式发射机包括第一偶极线圈、第二偶极线圈和驱动电路。该第一偶极线圈和第二偶极线圈被相对于彼此布置为产生一对正相反的磁偶极。该驱动电路操作性地

与第一偶极线圈和第二偶极线圈相关联。更具体的,驱动电路被配置为驱动第一偶极线圈和第二偶极线圈以生成该正相反的磁偶极对。此外,该驱动电路接收具有逻辑状态的逻辑输入,并且依照该逻辑输入的逻辑状态设置该正相反的磁偶极对中的每一个磁偶极的磁极性。

[0039] 为了通过非接触式数据通信接收数据,本申请中还公开了基于磁场的非接触式接收机(例如,MTJ接收机)的实施例。在一个实施例中,基于面内磁场的非接触式接收机包括基板、相对于该基板面内式布置的MTJ、和感测电路。该MTJ具有参考层和自由层。该MTJ的参考层定义相对于该基板处于面内的第一易轴,以使得该参考层的第一磁化被沿着该第一易轴取向。MTJ的自由层定义与该第一易轴大致上正交并且相对于该基板处于面内的第二易轴。由于该自由层的第二易轴与参考层的第一易轴基本上正交,可以减少用于切换该自由层的功率。这样,MTJ的配置可以给予MTJ高磁场灵敏度,因此允许在传输过程中使用更少的功率。更具体的,该自由层具有第二磁化,该第二磁化是可在被取向在相对于第二易轴的第一方向与被取向在相对于第二易轴的第二方向之间进行切换的。MTJ的电阻与在该自由层的磁化(随着施加的面内磁场变化)和参考层的磁化(固定的)之间的磁取向配准有关。更具体的,当自由层的第二磁化被取向在第一方向时,提供处于第一电阻状态的MTJ的电阻。当自由层的第二磁化被取向在第二方向时,提供处于第二电阻状态的MTJ的电阻。该基于磁场的非接触式接收机的感测电路被配置为感测该MTJ的电阻。因此,可以根据该MTJ的电阻是处于第一电阻状态还是第二电阻状态来表示数据。

[0040] 在另一个实施例中,公开另一个基于面内磁场的非接触式接收机。该示例性基于面内磁场的非接触式接收机包括用于定义相对于基板处于面内的第一易轴以使得第一磁化被沿着该第一易轴取向的单元。另外,该基于面内磁场的非接触式接收机包括用于定义与该第一易轴大致正交的并且相对于该基板处于面内的第二易轴的单元。这样,由用于定义该第二易轴的单元提供第二磁化。该第二磁化是可在围绕该第二易轴被取向在第一方向以提供第一电阻状态的电阻与围绕该第二易轴被取向在第二方向以提供第二电阻状态的电阻之间进行切换的。该基于面内磁场的非接触式接收机还包括用于感测该电阻的单元。

[0041] 在另一个实施例中,公开了面内非接触式的接收数据的方法。为了实施该示例性实施例,提供了相对于基板处于面内布置的并且具有电阻的MTJ。该MTJ包括参考层和自由层。该MTJ的参考层定义相对于基板处于面内的第一易轴,以使得该参考层的第一磁化被沿着第一易轴取向。该自由层定义与第一易轴大致上正交的并且相对于基板处于面内的第二易轴。为了接收数据,该自由层的第二磁化被取向为使得该第二磁化围绕第二易轴被取向在第一方向以提供第一电阻状态的MTJ的电阻,或者围绕该第二易轴被取向在第二方向以提供第二电阻状态的MTJ的电阻。对该MTJ的电阻进行感测以提供被接收到的数据。

[0042] 本申请中还公开了包括示例性的基于磁场的非接触式发射机和示例性的基于磁场的非接触式接收机以提供非接触式数据通信的非接触式通信设备的实施例。在一个实施例中,该非接触式通信设备具有MTJ、配置为产生一对正相反磁偶极的一对线圈、和驱动电路。该对线圈相对于MTJ布置为使得该正相反的磁偶极对生成相对于MTJ处于面内的磁场。该驱动电路被配置为驱动该对线圈以产生该正相反的磁偶极对。为了以非接触式方式通信数据,该驱动电路还被配置为调整MTJ中处于面内的磁场的磁场取向。相比于感应器耦合和其它非接触式通信技术,该非接触式通信设备不需要提供边缘调制,能够消耗更少的功率,

并且还可以对噪声更有免疫力。

[0043] 在另一个实施例中,公开了另一个非接触式通信设备。该非接触式通信设备包括用于产生一对正相反的磁偶极以使得该正相反的磁偶极对生成相对于MTJ处于面内的磁场的单元。为了通信数据,该非接触式通信设备还包括用于调整磁场的磁场取向的单元。

[0044] 在又一个实施例中,公开了一种非接触式数据通信方法。为了实施该示例性实施例,MTJ被布置为相对于基板处于面内。产生一对正相反的磁偶极以使得该正相反的磁偶极对生成相对于该MTJ处于面内的磁场。为了通信数据,调整所生成的面内磁场的磁场取向。

[0045] 就这一点而言,图3是示例性面内非接触式通信设备30的系统示意图。在这一实施例中的非接触式通信设备30包括基于面内磁场的非接触式发射机32和基于面内磁场的非接触式接收机34,以用于进行非接触式数据通信。图3的基于磁场的非接触式发射机32包括一对偶极线圈(一般称为元件“36”并且具体为元件36A、36B)和驱动电路38。基于磁场的非接触式接收机34包括MTJ 40和感测电路42。由于基于磁场的非接触式接收机34采用该MTJ 40来提供接收,因此基于磁场的非接触式接收机34是MTJ接收机。下面将首先描述图3中的基于磁场的非接触式发射机32。然后将描述图3中的基于磁场的非接触式接收机34。如下面将进一步描述的,由基于磁场的非接触式发射机32用偶极线圈对36A、36B生成相对于基于磁场的非接触式接收机34处于面内的磁场HIX。为了发送逻辑输入(例如,比特信号)的不同逻辑状态,相对于所述基于磁场的非接触式接收机34处于面内的磁场HIX的方向是可以切换的。这使得基于磁场的非接触式接收机34所提供的MTJ 40的电阻发生改变。可以感测该MTJ 40的电阻,并且因此可以确定该逻辑输入的逻辑状态,并由基于磁场的非接触式接收机34将其发送给下游电路。

[0046] 就这一点而言,在基板44上提供图3中示出的基于磁场的非接触式接收机32。更具体的,该偶极线圈对36被布置在基板44上,并且偶极线圈36A与偶极线圈36B配对。为了将偶极线圈36A与偶极线圈36B配对,将偶极线圈36A和偶极线圈36B相对于彼此布置在基板44上以产生一对正相反的磁偶极。更具体的,偶极线圈36A生成该正相反的磁偶极对中的一个,偶极线圈36B生成该正相反的磁偶极对中的另一个,其中正相反的磁偶极对被取向在相对的方向上。在这一实施例中,偶极线圈36A和偶极线圈36B各自被布置在基板44的表面46上,以沿着同一个平面形成(即,表面46所定义的平面),但是沿着垂直于该平面(即,表面46)的移位轴卷绕。该偶极线圈对36还相互连接以便作为同一个电流回路CL的一部分。举例而言,偶极线圈36A形成的最外侧卷绕50的外端48连接到偶极线圈36B所形成的最外侧卷绕54的外端52。

[0047] 驱动电路38操作性地与偶极线圈36A和偶极线圈36B相关联,并且被配置为驱动偶极线圈36A和偶极线圈36B以产生正相反的磁偶极对。在这一实施例中,驱动电路38电耦合到该偶极线圈对36,并且被配置为驱动偶极线圈36A处于磁场HA,以及驱动偶极线圈36B处于与磁场HA大致相反的磁场HB。更具体的,驱动电路38被耦合到连接到偶极线圈36A所形成的最内侧卷绕58的连接端56和连接到偶极线圈36B所形成的最内侧卷绕62的连接端60。驱动电路38被配置为在该连接段56、60间生成电压并产生在该偶极线圈对36上的电流IX。由于外端48连接到最外侧卷绕50,连接端56连接到最内侧卷绕58并且连接端60连接到最内侧卷绕62,因此电流IX在大致相反的围绕偶极线圈对36的旋转方向上传播。因此,偶极线圈36A将磁场HA生成为与偶极线圈36B生成的磁场HB大致相反。以此方式,偶极线圈对36被配

置为生成一对正相反的磁偶极,其中偶极线圈36中的一个生成正相反的磁偶极对中的一个,以使其指向基板44之外,而另一个偶极线圈36生成正相反的磁偶极对中的另一个以使其指向基板44之内。因此,正相反的磁偶极对在横向和纵向都在正相反的磁偶极对之间的中间区域生成磁场HIX。

[0048] 应该注意的是,磁场HB可以(但是并不是必须)刚好完全与磁场HA相反。磁场HB是否大致上与磁场HA相反应该依照特定通信应用的性能参数来确定。

[0049] 图3中示出驱动电路38生成电流IX,以使得该电流IX从连接端56向连接端60传播。更具体的,从连接端56向连接端60生成的电压的电压极性是正的。因此,在图3中,正相反的磁偶极对被配置为使得偶极线圈36A生成正相反的磁偶极对中的一个以使其指向基板44之外,并且使得偶极线圈36B生成正相反的磁偶极对的另一个以使其指向基板44之内。以此方式,磁场HA指向图3示出的页面之外,而磁场HB指向图3示出的页面之内。但是,该驱动电路38被配置为切换电流IX的电流方向使得电流IX能够向或从连接端56、60两者之一传播,并且因此驱动电路38被配置为切换正相反的磁偶极对中的每一个的磁极性。

[0050] 更具体的,驱动电路38被配置为切换从连接端56向连接端60生成的电压的电压极性,从而切换电流IX的电流方向,并且从而最终切换正相反的磁偶极对的每一个的磁极性。例如,驱动电路38可以将从连接端56向连接端60生成的电压的电压极性切换为负。因此,在这一情况中,电流IX将从连接端60向连接端56传播。因此,正相反的磁偶极对中的每一个的磁极性将使得偶极线圈36A生成正相反的磁偶极对的一个以使其指向基板44之内,并且使得偶极线圈36B生成正相反的磁偶极对的另一个以使其指向基板44之外。因此,磁场HA可以指向图3示出的页面之内,而磁场HB可以指向图3示出的页面之外。因此,磁场HA、HB可以保持大致上彼此相反,但是在电流IX的电流方向被驱动电路38切换时将产生正相反的配置。

[0051] 继续参考图3,从磁场HA、HB生成的正相反的磁偶极对因此可以用于使用基于磁场的非接触式发射机32以非接触式方式通信数据。基于磁场的非接触式发射机32的偶极线圈对36被布置为相对于基板44处于面内,因为偶极线圈对36与基板44的堆叠层所定义的平面大致平行。在这一实施例中,偶极线圈对36是由基板44的表面46上的顶部金属层形成的,并且因此是大致上平行于该表面46布置的。如下面将进一步详细解释说明的,磁场HA、HB生成相对于基于磁场的非接触式接收机34处于面内的磁场HIX。

[0052] 通过切换正相反的磁偶极对中的每一个磁偶极的磁极性(进而切换磁场HIX的方向),可以由基于磁场的非接触式发射机32向基于磁场的非接触式接收机34传输数据。例如,当偶极线圈36A提供正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外,以及偶极线圈36B提供正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之内时,可以表示比特的一个逻辑状态,而在偶极线圈36A提供正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之内并且偶极线圈36B提供正相反的磁偶极对的另一个磁偶极使其指向基板44之外时,可以表示具有正相反的比特值的逻辑状态(例如,比特值为逻辑“1”的比特状态)。正相反的磁偶极对还可以用于表示信息符号的逻辑状态,如下面将进一步详细解释的。

[0053] 驱动电路38被配置为驱动偶极线圈36生成磁场HA,以及驱动偶极线圈36B生成与磁场HA大致上相反的磁场HB。磁场HA和磁场HB共同地生成相对于布置在另一个基板64上的基于磁场的非接触式接收机34处于面内的磁场HIX。如上所述,基于磁场的非接触式接收机34包括MTJ 40,并且因此是MTJ接收机。应该注意的是,图3是一个系统示意图并且并不意在

具体示出基于磁场的非接触式发射机32和基于磁场的非接触式接收机34之间的分布配置。但是,任何适当的分布配置可以用在基于磁场的非接触式发射机32与基于磁场的非接触式接收机34和/或基板44与基板64之间,以使磁场HA和与磁场HA基本上相反的磁场HB生成相对于基于磁场的非接触式接收机34处于面内的磁场HIX。

[0054] 现在将提供关于基于磁场的非接触式接收机34的更多细节。基于磁场的非接触式发射机32的偶极线圈对36生成的磁场HIX是相对于基于磁场的非接触式接收机34的MTJ 40处于面内的,因为该磁场HIX与MTJ 40的层所定义的平面大致平行。因此,该磁场HIX被定向为与基于磁场的非接触式接收机34中的层大致平行。

[0055] 该MTJ 40可以是任何类型的具有铁磁材料的元件,并且定义一个或多个隧道势垒(tunnel barrier)。可以调整该铁磁材料中的至少一个的磁化。图3中示出的MTJ 40被布置为相对于基板64处于面内,因为该MTJ 40的层(包括铁磁材料的层)与基板64的层所定义的平面平行。更具体的,MTJ 40被布置为相对于基板64处于面内,并且包括参考层66和自由层68。在这一实施例中,通过从基板64的层形成,MTJ 40被提供为相对于基板64处于面内。这样,参考层66和自由层68(以及可能的MTJ 40的任何其它层)被包括作为基板64的层。

[0056] 为了从基于磁场的非接触式发射机32向基于磁场的非接触式接收机34通信数据,基于磁场的非接触式发射机32的驱动电路38被配置为驱动偶极线圈对36产生正相反的磁偶极对,使得正相反的磁偶极对生成相对于基于磁场的非接触式接收机34的MTJ 40的自由层68处于面内的磁场HIX。更具体的,该基板64具有表面70,在该表面处,基板64的层(诸如自由层68和参考层66)被堆叠为与该表面70平行或大致平行。图3中示出了垂直于表面70的方向72,其中描述基板64中的分布关系的术语,诸如“在...之上”和“在...下面”应该是相对于方向72进行引用的。基板64定义了方向72也将与之垂直的平面(例如,参考层66)。当磁场与垂直于方向72的基板64所定义的平面之一上的方向72大致正交时,诸如磁场HIX之类的场是相对于基板64处于面内的。具体来讲,当磁场HIX与自由层68所定义的平面中的方向72大致正交(该方向72垂直于自由层68所定义的平面)时,磁场HIX是相对于自由层68处于面内的。在这一实施例中,磁场HIX被产生为相对于自由层68处于面内,并且平行于应该被称为基板64的X轴的轴。磁场(诸如磁场HIX)不需要与方向72完全正交才是处于面内的。实际上,磁场(诸如HIX)是否大致上正交于方向72应该基于使用基于磁场的非接触式接收机34的应用的性能参数等等。

[0057] 再次参照图3,MTJ 40由布置在基板64上的层形成。在这一实施例中,参考层66关于方向72形成在自由层68之下。图3中示出的MTJ 40是自旋移矩(STT) MTJ 40。这样,MTJ 40具有可以在第一电阻状态和第二电阻状态之间来回切换的电阻。参考层66被提供作为磁化层,而自由层68也被提供作为磁化层。这些磁化层各自由一个或多种铁磁材料制造。电触点74连接到参考层66以便将该参考层66耦合到感测电路42。类似的,电触点76连接到自由层68以便将该自由层68耦合到感测电路42。在参考层66和自由层68之间定义隧道势垒。在这一实施例中,在参考层66和自由层68之间提供介电层(未示出)以定义所述隧道势垒。

[0058] 该参考层66具有带有磁取向的磁化MR。类似的,自由层68具有带有磁取向的磁化MF,该磁取向依赖于磁场HIX以及该磁场HIX被生成用于发送逻辑“1”还是逻辑“0”。由于MTJ 40在这一实施例中是STT MTJ,因此该自由层68是磁化MF的磁取向可调整的自由磁化层。例如,该自由层68被配置为使得磁化MF的磁取向可以从第一方向D1向第二方向D2和从第二方

向D2向第一方向D1调整。关于参考层66,该参考层66被配置为使得磁化MR的磁取向在参考方向DR上是固定的。因此,MTJ 40可以在第一磁化取向配准状态和第二磁化取向配准状态之间来回切换。

[0059] 在第一磁取向配准状态中,在第一方向D1中提供自由层68的磁化MF的磁取向。因此,自由层68的磁化MF和参考层66的磁化MR具有相对于彼此的一个磁取向配准,因为磁化MR在参考方向DR中是固定的并且在第一方向D1中提供磁化MF。因此当MTJ 40处于第一磁取向配准状态中时MTJ 40的电阻被提供为处于第一电阻状态。例如,当MTJ 40处于第一磁取向配准状态时,MTJ 40的电阻可以近似等于电阻R1。

[0060] 在第二磁取向配准状态中,磁化MF的磁取向由磁场HIX旋转。更具体的,在第二方向D2中提供自由层68的磁化MF的磁取向,该第二方向D2旋转远离第一方向D1。因此,自由层68的磁化MF和参考层66的磁化MR具有相对于彼此的另一个磁取向配准,因为该磁化MR被固定在参考方向DR上,并且磁化MF被提供在第二方向D2中。该第二磁取向配准状态中的磁取向配准与第一磁取向配准状态中的磁取向配准正相反。因此,当MTJ 40处于第二磁取向配准状态时在所述第二电阻状态中提供MTJ 40的电阻。例如,当MTJ 40处于第二磁取向配准状态时,MTJ 40的电阻可以近似等于电阻R2。

[0061] 现在将讨论图3中的基于磁场的非接触式发射机32和基于磁场的非接触式接收机34之间的面内磁场非接触式通信。参考图3,基于磁场的非接触式接收机34的MTJ 40被配置为使得由磁场HIX的磁场配向设置自由层68的磁化MF的磁取向状态。因此,基于磁场的非接触式发射机32的驱动电路38被配置为调整MTJ 40内的面内的磁场HIX的磁场取向。更具体的,基于磁场的非接触式发射机32的驱动电路38被配置为依照正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性设置与自由层68内的面内的磁场HIX的磁场取向。因此,在驱动电路38驱动偶极线圈对36使得偶极线圈36A的磁场HA和偶极线圈36B的磁场HB被产生为令偶极线圈36A提供正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外并且偶极线圈36B提供正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之内时,该自由层68响应于磁场HIX来提供处于第一磁取向配准状态的MTJ 40。在这种情况下,磁场HIX的磁场取向指向上,这与自由层68的磁各向异性一起将自由层68的磁化MF旋转为使得该磁化MF处于第一方向D1中并且提供处于第一电阻状态中的MTJ 40的电阻(即,近似等于电阻R1)。

[0062] 类似的,在驱动电路38驱动偶极线圈对36使得偶极线圈36A的磁场HA和偶极线圈36B的磁场HB被产生为令该偶极线圈36A提供正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之内并且偶极线圈36B提供正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之外时,自由层68响应于磁场HIX来提供处于第二磁取向配准状态中的MTJ 40。在这种情况下,磁场HIX的磁场取向指向下,这与自由层68的磁各向异性一起将自由层68的磁化MF旋转为使得该磁化MF处于第二方向D2中并且提供处于第二电阻状态中的MTJ 40的电阻(即,近似等于电阻R2)。以此方式,基于磁场的非接触式发射机32的驱动电路38被配置为通过切换正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性来调整基于磁场的非接触式接收机34的自由层68内的面内的磁场HIX的磁场取向。

[0063] 继续参考图3,感测电路42被配置为感测MTJ 40的电阻。因此,该感测电路42可操作于检测该MTJ 40处于第一电阻状态还是第二电阻状态。通过检测MTJ 40处于第一电阻状态还是第二电阻状态,感测电路42被还配置为感测MTJ 40的磁取向配准处于第一磁取

向配准状态(对应于第一电阻状态)还是第二磁取向配准(对应于第一电阻状态)。由于该第一磁取向配准状态(以及因此的第一电阻状态)和第二磁取向配准状态(以及因此的第二电阻状态)可以用于代表不同逻辑状态,因此感测电路42被配置为检测从基于磁场的非接触式发射机32向基于磁场的非接触式接收机34无接触地通信的数据。

[0064] 现在参考图3和图4,图4示出了基于磁场的非接触式发射机32和基于磁场的非接触式接收机34之间采用面内磁场非接触式通信的非接触式数据通信的示例过程。就这一点而言,为了以非接触式方式传输数据,基于磁场的非接触式发射机32产生正相反的磁偶极对使得正相反的磁偶极对生成相对于MTJ 40处于面内的磁场HIX(图4中的方框1)。如上所述,基于磁场的非接触式发射机32的驱动电路38被配置为通过在偶极线圈对36上生成电流IX来驱动偶极线圈对36产生正相反的磁偶极对。这样,驱动电路38驱动偶极线圈36A产生磁场HA,驱动偶极线圈36B产生与磁场HA的大致上相反的磁场HB。

[0065] 为了通信数据,图3中的基于磁场的非接触式发射机32然后调整在MTJ内的面内的磁场HIX的磁场取向(图4中的方框2)。如上所述,该磁场HIX的磁场取向设置MTJ 40内的自由层68的磁化MF的磁取向。以此方式,提供处于第一磁取向配准状态(以及因此的第一电阻状态)或第二磁取向配准状态(以及因此的第二电阻状态)的MTJ 40。然后,感测电路42可操作作为检测MTJ 40处于第一电阻状态(以及因此的第一磁取向配准状态)还是第二电阻状态(以及因此的第二磁取向配准状态)。由于,该第一磁取向配准状态(以及因此的第一电阻状态)和第二磁取向配准状态(以及因此的第二电阻状态)可以用于代表不同的逻辑状态,因此感测电路42被配置为检测从基于磁场的非接触式发射机32向基于磁场的非接触式接收机34非接触式地通信的数据。

[0066] 图5是在提供基于磁场的非接触式发射机32以在基于磁场的非接触式接收机34中生成面内磁场HIX的配置中的图3中示出的非接触式通信设备30的示例性横截面视图。图5的横截面视图是相对于基于磁场的非接触式接收机34的X轴(图3中示出)正交取得的。为了配置基于磁场的非接触式发射机32使得面内磁场HIX被生成为相对于MTJ 40的自由层68处于面内,将基板64相对于基板44布置为基板64的表面70面对基板44的表面46。因此,垂直于表面70的方向72指向基板44的表面46。在这一实施例中,偶极线圈对36在基板44中所定义的平面大致上平行于自由层68在基板64中所定义的垂直于方向72的平面。偶极线圈36A绕着中心轴CA卷绕,而偶极线圈36B绕着中心轴CB卷绕。所述中心轴CA和中心轴CB从基板44向平面外延伸,并且大致正交于偶极线圈对36所定义的平面。图5中示出的所述中心轴CA和中心轴CB也大致正交于基板64的表面70。

[0067] 如上所述,驱动电路38被配置为驱动偶极线圈36A产生磁场HA,并且驱动偶极线圈36B产生大致上与磁场HA相反的磁场HB,共同生成相对于布置在基板64上的MTJ 40的自由层68处于面内的磁场HIX。因此,这产生正相反的磁偶极对并生成包括偶极线圈对36的磁场HA、HB的磁场线MFLX。该基板64被相对于基板44定位为使得自由层68水平地定位在偶极线圈对36的中心轴CA、CB之间。基板64还在垂直方向上被定位为使得在该自由层68中提供磁场线MFLX的最大值。以此方式,该磁场线MFLX生成相对于自由层68处于面内的磁场HIX。在这一示例中,偶极线圈对36被定位为使得所述中心轴CA、CB相交并且大致上正交于基板64的X轴(在图3中示出)。

[0068] 要注意的是,磁场线MFLX的旋转方向是由偶极线圈对36所产生的正相反的磁偶极

对的每一个磁偶极的磁极性确定的。当驱动电路38驱动偶极线圈36A产生磁场HA使得磁场HA被定向为沿着中心轴CA朝向具有MTJ 40的基板64,并且驱动偶极线圈36B产生磁场HB使得该磁场HB被定向为沿着中心轴CB背离具有MTJ 40的基板64时,该磁场HIX被生成为在沿着X轴的正方向是相对于自由层68处于面内的。该自由层68响应于磁场HIX使得该磁化MF的磁取向朝向磁场HIX配准。因此,驱动电路38被配置为,当该驱动电路38将正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性设置为使得偶极线圈36A提供正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外并且偶极线圈36B提供正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之内时,将磁场HIX的磁场取向设置为沿着X轴的正方向。因此,将磁化MF的磁取向设置在第一方向D1中,在这种情况下该方向朝向X轴的正方向配准。因此提供处于第一电阻状态的MTJ 40的电阻,因为该MTJ 40处于第一磁取向配准状态。在图5中要注意的是,参考层66的磁化MR具有在方向DR上的磁取向,该方向延伸到页面之外。

[0069] 继续参考图5,当驱动电路38驱动偶极线圈36A产生磁场HA使得该磁场HA被定向为沿着中心轴CA背离具有MTJ 40的基板64,并且驱动偶极线圈36B产生磁场HB使得该磁场HB被定向为沿着中心轴CB指向具有MTJ 40的基板64时,该磁场HIX被生成为在沿着X轴的负方向上相对于自由层68处于面内。如上所述,自由层68响应于该磁场HIX使得磁化MF的磁取向朝向磁场HIX配准。因此,驱动电路38被配置为,当该驱动电路38将正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性设置为使得偶极线圈36A提供正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之内并且偶极线圈36B提供正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之外时,将磁场HIX的磁场取向设置为沿着X轴的负方向。因此,磁化MF的磁取向被设置在第二方向D2中,在这种情况下该方向朝向沿着X轴的负方向。因此提供处于第二电阻状态中MTJ 40的电阻,因为该MTJ 40处于第二磁取向配准状态。在图5提供的视图中要注意的是,磁场线MFLX的旋转方向在磁场HIX处于沿着X轴的正方向时是顺时针的,而在磁场HIX处于沿着X轴的负方向时是逆时针的。

[0070] 关于MTJ 40,在基板64的表面70处形成自由层68。相对于方向72,在基板64的内部提供参考层66。在基板64内部的自由层68和参考层66之间形成介电层78以提供MTJ 40的隧道势垒。电触点74耦合到参考层66并连接到感测电路42。该感测电路42被配置为通过在电触点74、76间施加电压来生成穿过MTJ 40的感测电流IS。因为电子被阻止穿过介电层78,该感测电流IS(图8中示出)是由穿过介电层78的电子的量子力学隧穿效应产生的隧穿电流。只有具有与参考层66的磁化MR一致的自旋(向上自旋或向下自旋)的电子能够以更高的概率从自由层68向参考层66进行量子力学隧穿。另一方面,具有大致相反的自旋(向下自旋或向上自旋)的电子有更高的概率从参考层66量子力学地反射回自由层68。因此,该感测电流IS实际上由两个电流组成:一个针对向上自旋电子,一个针对向下自旋电子。该MTJ 40具有势垒能量,需要该能量以便电子旋转自由层68的磁化MF的磁取向。

[0071] 在这一实施例中,感测电路42生成具有恒定电流强度的感测电流IS。典型的,当感测电流IS的电流电平达到临界切换电流强度时,MTJ 40从第一电阻状态切换到第二电阻状态。但是,在这一实施例中,磁场HIX被产生为相对于与自由层68的磁化MF的磁取向大致正交的磁场取向处于面内。要注意的是,磁场HIX的磁场取向大致正交,无论该磁场HIX的磁场取向是否指向沿着X轴的正方向或负方向。以此方式,MTJ 40的TMR可以随着磁场HIX的磁场取向在沿着X轴的正负方向之间来回切换产生多达100%的变化。

[0072] 因此,响应于磁场HIX的磁场取向在沿着X轴的正负方向来回切换,MTJ 40在第一磁取向配准状态(对应于第一电阻状态)和第二磁取向配准状态(对应于第二电阻状态)之间来回切换。此外,这一配置能够明显降低势垒能量,从而降低磁场HIX的强度要求,并且因此降低传输所需的能量。这允许电流IS的电流电平相对较低并且允许MTJ 40在第一磁取向配准状态(对应于第一电阻状态)和第二磁取向配准状态(对应于第二电阻状态)之间来回切换。因此,非接触式通信设备30可以相比于相关领域的其它非接触式通信系统以相对较低的功率水平工作。

[0073] 图6是图3和图5中示出的并且在基板44上形成的基于磁场的非接触式发射机32的俯视图。基于磁场的非接触式发射机32的操作是关于具有代表数据的逻辑状态的逻辑输入80的。如上所述,偶极线圈36A和偶极线圈36B的每一个可以被布置在基板44的表面46上。因此,偶极线圈对36所定义的平面在这一示例中是表面46。如上所述,该偶极线圈36A和偶极线圈36B因此相对于彼此布置为产生正相反的磁偶极对。此外,偶极线圈36A和偶极线圈36B被定位在基板44的表面46上,以使得偶极线圈36A的中心轴CA和偶极线圈36B的中心轴CB相交并且大致上正交于MTJ 40的X轴(图3中示出)。该MTJ 40被沿着X轴定位为处于偶极线圈36A和偶极线圈36B之间。以此方式,偶极线圈对36被相对于MTJ 40布置为使得正相反的磁偶极对生成相对于自由层68中的MTJ 40(图5中示出)处于面内的磁场HIX(图5中示出)。

[0074] 如上所述,驱动电路38操作性地与偶极线圈36A和偶极线圈36B相关联,并且被配置为驱动偶极线圈36A和偶极线圈36B以生成正相反的磁偶极对。在图6中,驱动电路38还被配置为接收逻辑输入80。该逻辑输入80可以包括一个或多个逻辑信号。逻辑输入80所代表的逻辑状态可以是用于编码数据的任何类型的逻辑状态。例如,该逻辑状态可以是一个或多个比特状态、符号和/或类似物。驱动电路38可以接收时钟信号CLK以协调逻辑输入80所提供的逻辑状态的传输。该驱动电路38被配置为使得时钟信号CLK对何时驱动电路38对逻辑输入80不透明(opaque)以及何时该驱动电路38对逻辑输入80透明(transparent)进行定时。

[0075] 该驱动电路38被配置为依照逻辑输入80的逻辑状态设置偶极线圈对36所产生的正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性。例如,逻辑输入80可以是单个比特信号,并且逻辑状态可以是该比特信号的比特状态(即,可以具有逻辑“1”或“0”的比特值)。如上所述,驱动电路38被配置为通过生成从连接端56到连接端60的电压生成沿着偶极线圈对36的电流IX。驱动电路38通过设置从连接端56到连接端60的电压的电压极性,来设置偶极线圈对36所产生的正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性。这是因为从连接端56到连接端60的电压的电压极性决定着电流IX的电流方向。因此,逻辑输入80的逻辑状态(在这一示例中,比特状态)对应于该电压的电压极性,并且因此对应于该电流IX的电流方向。当驱动电路38是透明的时,驱动电路38响应于逻辑输入80的比特状态,使得该电压极性(以及因此的电流IX的电流方向)是依照该比特状态设置的。

[0076] 例如,比特值为逻辑“1”的比特状态可以与从连接端56到连接端60的电压的电压极性为正以及电流IX的电流方向是从连接端56到连接端60相对应。另一方面,比特值为逻辑“0”的比特状态可以与从连接端56到连接端60的电压的电压极性为负以及电流IX的电流方向是从连接端60到连接端56相对应。当驱动电路38是透明的,并且响应于比特值为逻辑“1”的逻辑输入80的比特状态,驱动电路38可以被配置为生成电压极性为正的电压和从连

接端56到连接端60的电流IX的电流方向。因此,驱动电路38被配置为设置正相反的磁偶极对的磁极性,以使得偶极线圈36A生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外并且偶极线圈36B生成正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之内。此外,当驱动电路38是透明的,并且响应于比特值为逻辑“0”的逻辑输入80的比特状态,驱动电路38可以被配置为生成电压极性为负的电圧以及从连接端60到连接端56的电流IX的电流方向。因此,驱动电路38被配置为设置正相反的磁偶极对的磁极性,使得偶极线圈36A生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之内并且偶极线圈36B生成正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之外。

[0077] 图6中示出的基于磁场的非接触式发射机32被提供为使得偶极线圈对36和驱动电路38二者都布置在基板44上。例如,基板44可以是集成电路(IC)封装件内的半导体基板。因此,偶极线圈对36和驱动电路38可以各自在IC封装件的前道工序(FEOL)中形成。当基板44是半导体基板时,基板44具有从适当半导体材料的晶片和/或掺杂层构成的基板主体。例如,所述半导体材料可以是硅(Si)、锗化硅(SiGe)、砷化镓(GaAs)、磷化铟(InP)等等。典型的可以用于掺杂该半导体层的掺杂物有镓(Ga)、砷(As)、硅(Si)、碲(Te)、锌(Zn)、硫(S)、硼(B)、磷(P)、砷化铝镓(AlGaAs)、砷化铟镓(InGaAs)和/或类似物。此外,可以在基板主体的顶部、内部和/或底部构造金属板以提供端子(terminal)、迹线(trace)、接触垫、线圈、连接、被动阻抗元件、主动半导体组件和/或类似物。并且,任何类型的适用的半导体技术可以用于提供基板44的拓扑。例如,所述半导体技术可以是互补金属氧化物半导体(CMOS)技术、双极互补金属氧化物半导体(BICMOS)技术、硅晶绝缘体(SOI)技术和/或类似技术。

[0078] 作为替代,偶极线圈对36和驱动电路38可以形成在不同基板上。例如,偶极线圈对36和驱动电路38可以还是在同一个IC封装件中提供。但是,驱动电路38可以在IC封装件的FEOL中形成,而偶极线圈对可以在该IC封装件的后道工序(BEOL)中形成。因此,驱动电路38可以形成在IC封装件的FEOL中的半导体基板上,而偶极线圈对36形成在IC封装件的BEOL的绝缘基板上。在另一个实施例中,偶极线圈对36和驱动电路38可以各自形成在不同IC封装件中。在又一个实施例中,驱动电路38可以在一个IC封装件中提供,而偶极线圈对36形成在印刷电路板上。在又一个实施例中,可以在安装在电子封装件的层压板上的IC封装件中提供驱动电路38。在这种情况下,偶极线圈对36可以形成在该电子封装件的该层压板上,并且该电子封装件可以被安装在印刷电路板上。

[0079] 图7示出了驱动电路38的一个实施例,可以在图6中示出的基于磁场的非接触式发射机32中提供该驱动电路。在这一实施例中,驱动电路38包括控制电路82和切换电路84。切换电路84耦合到连接端56和连接端60,并且被配置为生成从连接端56到连接端60的电压VI,并且因此生成电流IX。该切换电路84还配置为使得电压VI的电压极性是可切换的,并且因此使得电流IX的电流方向是可切换的。

[0080] 如图7中所示,控制电路82被配置为接收逻辑输入80,在这一示例中该逻辑输入是如上所述的单个比特信号,并且接收时钟信号CLK。当控制电路82是透明的,并且响应于比特值为逻辑“1”的逻辑输入80的比特状态,控制电路82被配置为控制切换电路84使得该切换电路84生成具有电压极性为正的电压VI以及从连接端56到连接端60的电流IX的电流方向。当控制电路82是透明的,并且响应于比特值为逻辑“0”的逻辑输入80的比特状态,控制电路82被配置为控制切换电路84使得该切换电路84生成具有电压极性为负的电圧VI以及

从连接端60到连接端56的电流IX的电流方向。

[0081] 在这一实施例中,切换电路84包括场效应晶体管(FET) P1、N1、P2、N2。该FET P1是P沟道FET,其包括耦合到电路82的栅极GP1、耦合用于接收供电电压VS的源极SP1、和耦合到连接端56的漏极DP1。FET N1是N沟道FET,其包括耦合到控制电路82的栅极GN1、耦合接地的源极SN1、和耦合到连接端60的漏极DN1。该FET P2是P沟道FET,其包括耦合到控制电路82的栅极GP2、耦合用于接收供电电压VS的源极SP2,和耦合到连接端60的漏极DP2。FET N2是N沟道FET,其包括耦合到接到控制电路82的栅极GN2、耦合接地的源极SN2,和耦合到连接端56的漏极DN2。

[0082] 当控制电路82是透明的,并且响应于比特值为逻辑“1”的逻辑输入80的比特状态,控制电路82被配置为控制切换电路84使得FET P1、N1被接通而FET P2、N2被断开。更具体的,控制电路将栅极GP1和栅极GN2设置为低电压,而将栅极GP2和栅极GN1设置为高电压。因此,切换电路84生成电压极性为正的电压VI以及从连接端56到连接端60的电流IX的电流方向。当控制电路82是透明的,并且响应于比特值为逻辑“0”的逻辑输入80的比特状态时,控制电路82被配置为控制切换电路84使得FET P2、N2被接通而FET P1、N1被断开。更具体的,控制电路将栅极GP1和栅极GN2设置为高电压,而将栅极GP2和栅极GN1设置为低电压。因此,切换电路84生成电压极性为负的电压VI以及从连接端60到连接端56的电流IX的电流方向。

[0083] 从这一点而言,图8是图3和图5中示出的并在基板64上形成的基于磁场的非接触式接收机34的俯视图。从这一点而言,图8描述了MTJ 40的额外的细节和基于磁场的非接触式接收机34关于感测电路42所生成的逻辑输出86的操作。该MTJ 40具有能量高效配置。更具体的,MTJ 40的参考层66定义相对于该基板处于面内的易轴EAR,以使得参考层66的磁化MR沿着该易轴EAR取向。MTJ 40的自由层68定义与该易轴EAR大致正交并且相对于基板64处于面内的易轴EAF(即,X轴)。由于自由层68的易轴EAF大致正交于参考层66的易轴EAR,因此能够减少旋转该自由层68的磁化MF所需要的功率。更具体的,在来自基于磁场的非接触式发射机32的面内磁场HIX下,自由层68具有可在围绕该易轴EAF被取向在第一方向D1与围绕该易轴EAF被取向在第二方向D2之间切换的磁化MF。当该磁化MF取向在第一方向D1中时,提供处于第一电阻状态中的MTJ 40的电阻。当该磁化EAF取向在第二方向D2中时,提供处于第二电阻状态中的MTJ 40的电阻。因此,可以由MTJ 40的电阻来表示数据。另外,可以通过提供大致上正交于易轴EAR的易轴EAF来降低MTJ40的势垒能量,从而降低在第一方向D1和第二方向D2之间来回切换磁化MF所要求的功率量。该基于磁场的非接触式接收机34的感测电路42被配置为感测MTJ 40的电阻。因此,可以根据MTJ 40的电阻处于第一电阻状态还是第二电阻状态来表示数据。

[0084] 如上所述,MTJ 40被布置为相对于基板64处于面内,并且具有可从第一电阻状态切换到第二电阻状态的电阻。磁场HIX被产生为处于面内,具有大致上正交于自由层68的磁化MF的取向的磁场取向。参考层66和自由层68各自是从具有磁各向异性的铁磁材料形成的。磁各向异性的铁磁材料具有易轴和难轴。该铁磁材料的易轴定义该铁磁材料中在能量上最易于磁化的方向。铁磁材料的难轴定义了该铁磁材料的磁化的能量最大值的方向。

[0085] 在这一实施例中,参考层66是从布置在基板64上的磁晶各向异性晶体形成的。因此,参考层66定义相对于基板64处于面内的易轴EAR,使得该参考层66的磁化MR沿着该易轴EAR取向。该参考层66被配置为使得该参考层66的磁化MR固定在近似沿着该易轴EAR的参考

方向DR中。在这一实施例中,参考层66是椭圆的,并且沿着该参考层66的长轴提供易轴EAR。因此该参考层66被配置为使得该易轴EAR被提供为相对于参考层66和基板64处于面内。参考层66还沿着参考层66的短轴定义难轴。这样,参考层66还被配置为使得该难轴大致正交于易轴EAR并且相对于参考层66和基板64处于面内。

[0086] 在这一实施例中,自由层68也是从布置在基板64上的磁各向异性晶体形成的。为了通过磁场HIX将电阻在第一电阻状态和第二电阻状态之间来回切换,自由层68定义大致上正交于参考层66的易轴EAR并且相对于自由层68和基板64处于面内的易轴EAF。在这一示例中,易轴EAF定义如上关于图3、5和6所描述的X轴。该自由层68被配置为使得自由层68的磁化MF可在被围绕该易轴EAF取向于第一方向D1中以提供处于第一电阻状态中的MTJ 40的电阻与被围绕易轴EAF取向于第二方向D2中以提供处于第二电阻状态中的MTJ 40的电阻之间切换。

[0087] 在这一实施例中,该自由层68也是椭圆形的,并且将该易轴EAF提供为自由层68的长轴。因此参考层66的易轴EAR和自由层68的易轴EAF大致上相互正交。该自由层68定义沿着该自由层68的短轴的难轴。因此,自由层68被配置为使得自由层68的难轴大致上正交于该易轴EAF,并且使得该自由层68的难轴相对于自由层68和基板64处于面内。此外,参考层66的难轴被提供为平行于自由层68的易轴EAF。另外,该自由层68的难轴被提供为平行于参考层66的易轴EAR。在这一实施例中,参考层66的短轴近似等于自由层68的长轴。该MTJ 40被形成使得自由层68和参考层66二者都大致上沿着基板64的同一个平面外轴确定中心。

[0088] 给定图8中示出的MTJ 40的配置,MTJ 40的磁隧穿导电率可以随着磁场HIX的磁场取向在沿着易轴EAF(即,X轴)的正负方向之间来回切换而产生100%的改变。在将磁场HIX应用于自由层68之后,当磁场HIX的磁场取向在大致上平行于参考方向DR和与参考方向DR正相反(即,-DR)之间来回切换时,STT效应导致从基板64向自由层68中注入空穴带和/或自旋电流,以调整自由层68的自旋价带。这样,当磁场HIX的磁场取向大致上平行于参考方向DR时以及当磁场HIX的磁场取向与参考方向DR正相反(即,-DR)时,该磁场HIX的磁场取向大致上正交于易轴EAF(即,X轴)。

[0089] 应该注意的是,在这一实施例中,自由层68的磁化MF被偏置为使得在没有磁场HIX时,自由层68在第三方向D3中所提供的磁化MF的磁取向大致上平行于易轴EAF(即,X轴)并且大致上正交于自由层68的难轴。因此,该第三方向D3大致上正交于参考层66的易轴EAR。结果是当驱动电路(图3中示出)未驱动偶极线圈对36(图3中示出)产生正相反的磁偶极对以致未生成磁场HIX时,提供处于第三磁取向配准状态中的MTJ 40,提供处于第三电阻状态中的MTJ 40的电阻。因此当未提供正相反的磁偶极对和磁场HIX时,MTJ 40处于第三磁取向配准状态,其磁化MF的磁取向处于沿着自由层68的易轴EAF的方向D3中,并且参考层66的磁取向MR处于沿着参考层66的易轴EAR的参考方向DR中。

[0090] 所述第三方向D3沿着自由层68的易轴EAF,并且因此是自由层68的磁化的最小能量方向之一。因此,当MTJ 40被提供为处于第三磁取向配准状态中时,旋转该MTJ 40的自由层68的磁化MF所需要的来自磁场HIX的扭矩是最高的。MTJ 40的电阻近似等于第三电阻状态中的电阻R3,该电阻R3高于MTJ 40在第一电阻状态中的电阻,低于MTJ 40在第二电阻状态中的电阻。为了切换自由层68围绕自由层68的易轴EAF所提供的磁化MF的磁取向,驱动电路38相应地生成磁场HIX。

[0091] 通过提供大致上相互正交的易轴EAF和易轴EAR、以及大致上正交于自由层68的易轴EAF的磁场HIX的磁场取向,磁场HIX导致从基板64向自由层68中注入空穴带和/或自旋电流以调整自由层68的自旋价带的STT效应。在存在大致上与该易轴EAF正交的面内磁场HIX时,自由层68的能量表面是被扭曲的。因此,MTJ 40可以被实现为需要更少的功率来工作,这也可以降低感测电路42和基于磁场的非接触式发射机32(图6中示出)的功率消耗。此外,为了在第三电阻状态中提供MTJ 40的电阻,驱动电路38仅需要不生成磁场HIX。

[0092] 如图8中所示,感测电路42被配置为检测从基于磁场的非接触式发射机32(图6中所示)向基于磁场的非接触式接收机34(图3中示出)非接触式地通信的数据。更具体的,感测电路42被配置为感测MTJ 40的电阻。通过检测MTJ 40处于第一电阻状态还是第二电阻状态,感测电路42还被配置为感测MTJ 40的磁取向配准处于第一磁取向配准状态(对应于第一电阻状态)还是处于第二磁取向配准状态(对应于第二电阻状态)。

[0093] 在图8中,感测电路42还被配置为根据MTJ 40的电阻发送代表逻辑状态的逻辑输出86。该逻辑输出86可以包括一个或多个逻辑信号。该逻辑输出86所代表的逻辑状态可以是用于编码数据的任何类型的逻辑状态。例如,该逻辑状态可以是一个或多个比特状态、符号和/或其他类似物。在这一实施例中,感测电路42接收时钟信号CLK以协调逻辑输出86中的逻辑状态的传输。感测电路42被配置为使得该时钟信号CLK对感测电路42在何时对于MTJ 40的电阻是不透明的时以及感测电路42在何时对于MTJ 40的电阻是透明的进行定时。

[0094] 当感测电路42是透明的时,感测电路42被配置为依照MTJ 40的电阻、并且因此依照MTJ 40的磁取向配准来设置逻辑输出86的逻辑状态。因此,逻辑输出86的逻辑状态与驱动电路38(图6中示出)接收到的逻辑输入80(图6中示出)的逻辑状态对应。但是,该逻辑输出86的逻辑状态可能相对于逻辑输入80的逻辑状态发生延迟,因为该逻辑输出86的逻辑状态可能被提供在时钟信号CLK的时钟周期的不同部分中或在该时钟信号CLK的不同时钟周期中。作为替代,不同的独立时钟信号,或基于该时钟信号CLK的不同时钟信号可以与感测电路42一起使用。

[0095] 在这一实施例中,逻辑输出86是单比特信号,并且该逻辑状态可以是该比特信号的比特状态(即,具有逻辑“1”或“0”的比特值)。如上所述,驱动电路38(图6中示出)被配置为依照逻辑输入80(图6中示出)的比特状态生成正相反的磁偶极对的磁极性。因此,磁场HIX的磁场取向是依照逻辑输入80的比特状态产生的。MTJ 40被配置为使得MTJ 40的电阻(以及因此的磁取向配准)依照磁场HIX的磁场取向在第一电阻状态(以及因此的第一磁取向配准状态)和第二电阻状态(以及因此的第二磁取向配准状态)之间来回切换。当该感测电路42是透明的时,感测电路42响应于逻辑输入80的比特状态,使得电压极性(以及因此的电流IS的电流方向)是依照该比特状态设置的。MTJ 40的电阻和MTJ 40的磁取向配准因此代表图6中示出的逻辑输入80的比特状态。

[0096] 继续如上关于图6描述的示例,当驱动电路38(图6中示出)是透明的,并且响应于比特值为逻辑“1”的逻辑输入80的比特状态时,驱动电路38(图6中示出)被配置为设置正相反的磁偶极对的磁极性,使得偶极线圈36A(图6中示出)生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外,并且偶极线圈36B(图6中示出)生成正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之内。结果,在自由层68中生成图8中示出的磁场HIX使得该磁场HIX的磁场取向大致上正交于自由层68的易轴EAF并且大致上平行于方向DR。作为磁各向异

性和所施加的来自基于磁场的非接触式发射机32(图6中示出)的磁场HIX的结果,自由层68的磁化MF的磁取向被提供为处于第一方向D1中,该方向D1围绕自由层68的易轴EAF向上方旋转。因此,MTJ 40的电阻被设置在第一电阻状态中并且提供处于第一磁取向配准状态中的MTJ 40的磁取向配准。由于磁场HIX的磁场取向将自由层68的磁化MF设置在第一方向D1中,因此该电阻的第一电阻状态和MTJ 40的第一磁取向配准状态对应于比特值为逻辑“0”的比特状态。当感测电路42是透明的,并且响应于电阻处于第一电阻状态和MTJ 40处于第一磁取向配准状态时,该感测电路42被配置为生成逻辑输出86,使得该逻辑输出86的比特状态的比特值为逻辑“0”。

[0097] 当驱动电路38(图6中示出)是透明的,并且响应于比特值为逻辑“1”的逻辑输入80(图6中示出)的比特状态,驱动电路38被配置为设置正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性,使得偶极线圈36A(图6中示出)生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之内,并且偶极线圈36B(图6中示出)生成正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之外。结果,在自由层68中生成图8中示出的磁场HIX使得该磁场HIX的磁场取向被设置为大致上正交于易轴EAF并且与方向DR正相反。作为磁各向异性和所施加的磁场HIX的结果,通过围绕自由层68的易轴EAF向下方旋转,自由层68的磁化MF的磁场取向被提供在第一方向D1。因此,MTJ 40的电阻被设置在第二电阻状态中并且MTJ 40的磁取向配准被提供为在第二磁取向配准状态。由于磁场HIX的磁场取向与方向DR正相反,因此该电阻的第二电阻状态和MTJ 40的第二磁取向配准状态对应于具有逻辑“1”的比特状态。当感测电路42是透明的,并且响应于电阻处于第二电阻状态和MTJ 40处于第二磁取向配准状态,该感测电路42被配置为生成逻辑输出86,使得该逻辑输出86的比特状态具有逻辑“1”的比特值。以此方式,数据可以从基于磁场的非接触式发射机32(图6中示出)传递到基于磁场的非接触式接收机34,并且可以由感测电路42的下游电路使用。如下面将进一步详细解释的,感测电路42的一些实施例还可以可操作地感测该电阻何时处于第三电阻状态中,以及MTJ 40的磁取向配准何时处于第三磁取向配准状态中。

[0098] 图8中示出的基于磁场的非接触式接收机34被提供为使得感测电路42和MTJ 40二者都布置在基板64上。例如,基板64可以是IC封装件中的半导体基板,该IC封装件可以与基于磁场的非接触式发射机32(图6中示出)的IC封装件是同一个或不同的IC封装件。感测电路42和MTJ 40可以各自形成在IC封装件的FEOL中。当基板64是半导体基板时,基板64具有从适当半导体材料的晶片和/或掺杂层形成的基板主体。该半导体材料可以是如上关于基于磁场的非接触式发射机32描述的任何半导体材料。此外,可以在基板主体的顶部、内部和/或底部构造金属板以提供端子、迹线、接触垫、线圈、连接、被动阻抗元件、主动半导体组件和/或其他类似物。并且,任何类型的适用的半导体技术可以用于提供基板64的拓扑,包括如上关于基于磁场的非接触式发射机32描述的任何半导体技术。作为替代,感测电路42和MTJ 40可以形成在不同基板上。在这种情况下,感测电路42和MTJ 40可以各自形成在耦合在印刷电路板上的不同IC封装件中。

[0099] 图9示出了图3和图5中示出的基于磁场的非接触式接收机34的MTJ 40的一个实施例的横截面视图。该横截面视图示出了各个层的堆叠,这些层可以用于提供MTJ 40。图9中示出的MTJ 40包括参考层66、自由层68和在该自由层68和参考层66之间提供隧道势垒的介电层78。并且,有关拓扑学术语应该相对于如上关于图5所描述的方向72来引用。图9中的

MTJ 40的横截面是沿着自由层68的易轴EAF(即,X轴)截取的。电触点76耦合到感测电路42(图8中示出),并且从自由层68上和上方的金属层形成。参考层66的易轴EAR(未示出)相对于易轴EAF处于面内并且与其大致上正交,参考层66所提供的磁化MR的参考方向DR是从页面向外的。

[0100] 在这一实施例中,MTJ 40还包括势垒层88、钉扎层90和反铁磁层92。该电触点74耦合到感测电路42并且形成在该反铁磁层92的上面和下方。提供势垒层88、钉扎层90和反铁磁层92以提供磁刚性组件,以使得参考层66所提供的磁化MR的参考方向DR是固定的并且沿着易轴EAR(未示出)提供。势垒层88形成在参考层66的上面和下方,而钉扎层90形成在势垒层88的上面和下方。以此方式,在钉扎层90和参考层66之间提供势垒层88。MTJ 40被配置为生成穿过钉扎层90的钉扎电流IP,以使得该参考层66的磁化MR在参考方向DR上是固定的。更具体的,该钉扎电流IP提供具有为钉扎层90提供固定在方向DP上的磁化MP的磁场取向的磁场。因为该势垒层在钉扎层90和参考层66之间,因此钉扎电流IP被生成为相对于钉扎层90处于面内并且平行于参考层66的易轴EAR(未示出)。但是,该方向DP大致上与参考方向DR相反。因此,钉扎电流IP所生成的磁场还提供参考方向DR中的磁化MR。可以在MTJ 40中提供FET M1以生成钉扎电流IP。反铁磁层92帮助确保钉扎层90的磁化MP。在一个实施例中,永久性磁铁(未示出)可以用于使自由层68的磁化MF偏置到第三方向D3上。

[0101] 图10示出了感测电路42的一个实施例,其可以用于图8中示出的基于磁场的非接触式接收机34中。在这一实施例中,感测电路42包括FET PS、电流源94和感测放大器SA。该FET PS是P沟道FET,其包括耦合用于接收时钟信号CLK的栅极GS、耦合用于接收供电电压VS的源极SS和耦合到该电流源94的漏极DS。该电流源94被配置为生成感测电流IS。但是,由于电流源94耦合到FET PS的漏极DS,该FET PS被配置为激活和禁用该电流源94。更具体的,当FET PS被接通并且感测电路42是透明的时,激活电流源94以生成感测电流IS。当FET PS被断开并且感测电路42是不透明的时,禁用电流源94以使得不生成感测电流IS。由于FET PS的栅极GS耦合用于接收时钟信号CLK,因此感测电路42依照该时钟信号CLK在不透明和透明之间切换。

[0102] 感测电路42被配置为感测MTJ 40的电阻和磁取向配准。为了感测MTJ 40的电阻和磁取向配准,感测放大器SA被配置为感测从电触点76到电触点74的感测电压VS0。由感测电流IS生成感测电压VS0。在这一实施例中,该感测放大器SA具有第一输入终端96、第二输入终端98和输出终端100。例如,感测放大器SA可以被提供为运算放大器,其中,第一输入终端96是非反相输入终端,而第二输入终端98是反相终端。该逻辑输出86是由感测放大器SA从输出终端100生成的。为了感测从电触点76到电触点74的感测电压VS0,电流源94和第一输入终端96二者都耦合到电触点76,该电触点如上所述地耦合到自由层68(图8中示出)。该电触点74耦合到参考层66(图8中示出)以为感测电流IS提供接地的路径。感测放大器SA的第二输入终端98耦合用于接收参考电压VREF。

[0103] 在这一实施例中,假定MTJ 40的电阻处于比第二电阻状态(以及因此的第二磁取向配准状态)更低的第一电阻状态(以及因此的第一磁取向配准状态)。因此,当电阻近似等于电阻R1时,该电阻低于当电阻近似等于电阻R2时的电阻。当感测电路是透明的,并且响应于MTJ 40的电阻处于第一电阻状态(以及磁取向配准处于第一磁取向配准状态)时,感测电流IS使得感测电压VS0在第一输入终端96处具有第一电压电平。该感测电压VS0的第一电压

电平被提供为比参考电压VREF的参考电压电平更大。结果,逻辑输出86(在这一示例中是比特信号)被生成为具有比特值为逻辑“0”的比特状态。在这一示例中,该逻辑输入86通过具有比参考电压VREF的参考电压电平更低的电压电平,而具有比特值为逻辑“0”的比特状态。因此感测电路42被配置为感测MTJ 40的电阻和磁取向配准。

[0104] 当感测电路42是透明的,并且响应于MTJ 40的电阻处于第二电阻状态(并且磁取向配准处于第二磁取向配准状态)时,感测电路IS使得感测电压VS0在第一输入终端96处有第二电压电平。该感测电压VS0的第二电压电平被提供为比参考电压VREF的参考电压电平更高。结果,逻辑输出86(在这个示例中是比特信号)被生成为具有比特值为逻辑“1”的比特状态。在这一示例中,该逻辑输出86通过有比参考电压VREF的参考电压电平更高的电压电平而具有比特值为逻辑“1”的比特状态。因此,该感测电路42被配置为通过生成具有依照MTJ 40的电阻和磁取向配准设置的逻辑状态(在这一示例中是比特状态)的逻辑输出86,感测该MTJ 40的电阻和磁取向配准。

[0105] 再次参照图6和图8,上述基于磁场的非接触式发射机32和基于磁场的非接触式接收机34的示例性操作允许一个比特状态在通信周期内从所述基于磁场的非接触式发射机32向所述基于磁场的非接触式接收机34通信。但是,最好是同时通信具有多个比特的逻辑状态。例如,最好是同时发送代表多个比特状态的比特符号。

[0106] 图11是在基板44上形成的另一个示例性的基于面内磁场的非接触式发射机102的俯视图。该基于磁场的非接触式发射机102可以被操作以发送代表多个比特状态的比特符号。在这一实施例中,基于磁场的非接触式发射机102包括驱动电路38和偶极线圈对36,它们以如上关于上述基于磁场的非接触式发射机32所描述的相同方式工作。但是在这一实施例中,该基于磁场的非接触式发射机102还包括另一对偶极线圈(一般称为元件104并具体指定为元件104A、104B)和另一对驱动电路106。偶极线圈对104也被面内地布置在基板44上,并且也可以与偶极线圈对36在同一平面内。因此,在这一实施例中,偶极线圈对104也布置在基板44的表面46上。

[0107] 但是,由于偶极线圈对104也被布置为相对于基板44处于面内,因此偶极线圈104的配准大致上正交于偶极线圈对36的配准。如上所述,偶极线圈36A绕着中心轴CA卷绕,偶极线圈36B绕着中心轴CB卷绕。图11中示出了偶极线圈36A和偶极线圈36B之间的中线LX,其在偶极线圈对36和偶极线圈对104所定义的平面内(即,在这一示例中,表面46)。该偶极线圈104A绕着中心轴CC卷绕,而偶极线圈104B绕着中心轴CD卷绕,它们被放置并垂直于平面(即,表面46)。图11中示出了偶极线圈104A和偶极线圈104B之间的中线LY,它在偶极线圈对36和偶极线圈对104所定义的平面内(即,在这一示例中,表面46)。如图11中所示,中线LY和中线LX是大致上正交的。因此,偶极线圈104的配准在偶极线圈对36和偶极线圈对104所定义的平面内大致上正交于偶极线圈对36的配准。

[0108] 该偶极线圈104A与偶极线圈104B配对。为了将偶极线圈104A与偶极线圈104B配对,该偶极线圈104A和偶极线圈104B被相对于彼此地布置在基板44上以产生另一对正相反的磁偶极。在这一实施例中,偶极线圈对36和偶极线圈对104被布置在基板44上,以使得偶极线圈对104所产生的正相反的磁偶极对大致上正交于偶极线圈对36所产生的正相反的磁偶极对。因此,偶极线圈对104所产生的正相反的磁偶极对生成具有处于面内但是大致上正交于偶极线圈对36所生成的磁场HIX的磁场取向的磁场取向的磁场HIY。因此,该磁场HIY的

磁场取向是沿着Y轴设置的,如下面将进一步详细解释的。

[0109] 偶极线圈104A和偶极线圈104B相互连接以成为同一电流环路的一部分。例如,偶极线圈104A所形成的最外侧卷绕110的外端108连接到偶极线圈104B形成的最外侧卷绕114的外端112。该驱动电路106操作性地与偶极线圈104A和偶极线圈104B相关联,并且被配置为驱动偶极线圈104A和偶极线圈104B产生正相反的磁偶极对。在这一实施例中,驱动电路106电耦合到偶极线圈对104,并且被配置为驱动偶极线圈104A处于磁场HC中,以及驱动偶极线圈104B处于与该磁场HC大致相反的磁场HD中。更具体的,驱动电路106耦合到被连接至偶极线圈104A所形成的最内侧卷绕118的连接端116、和被连接至偶极线圈104B所形成的最内侧卷绕122的连接端120。驱动电路106被配置为生成连接端116、120间的电压,并且产生穿过偶极线圈对36的电流IY。由于外端108连接到外端112,连接端116连接到最内侧卷绕118并且连接端120连接到最内侧卷绕122,所以电流IY在围绕偶极线圈对104的大致相反的旋转方向上传播。因此,磁场HC由偶极线圈36A生成成为与偶极线圈36B所生成的磁场HD大致上相反。以此方式,偶极线圈对104被配置为生成一对正相反的磁偶极,其中,偶极线圈104中的一个生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外,并且另一个偶极线圈104生成正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之内。

[0110] 驱动电路106在图11中显示为生成电流IY,使电流IY从连接端116向连接端120传播。更具体的,从连接端116到连接端120生成的电压的电压极性是正的。因此,在图11中,偶极线圈104所产生的正相反的磁偶极对的磁极性是使得该偶极线圈104A生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外,并且偶极线圈104B生成正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之内。在这种情况下,磁场HC沿着如图11中示出的中心轴CC指向页面之外,而磁场HD沿着如图11中示出的中心轴CD指向页面之内。磁场HIY被生成成为面内地正交于Y轴并且大致上平行于参考方向DR'。

[0111] 但是,该驱动电路106被配置为切换电流IY的电流方向,使得该电流IY能够向和从连接端116、120中的任意一个传播,并且因此该驱动电路106被配置为切换偶极线圈104所产生的正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性。更具体的,驱动电路106被配置为切换从连接端116到连接端120生成的电压的电压极性,从而切换电流IY的电流方向,并且从而最终切换偶极线圈104所产生的正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性。例如,驱动电路106可以将从连接端116到连接端120生成的电压的电压极性切换为负的。因此,在这种情况下,电流IY将从连接端120向连接端116传播。因此,正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性将是使得偶极线圈104A生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之内,并且偶极线圈104B生成该正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之外。因此,磁场HC将如图11所示出沿着中心轴CC指向页面内,而磁场HD可以如图11所示出沿着中心轴CD指向页面外。磁场HIY被面内地生成成为处于与Y轴大致正交并且与参考方向DR'正相反的方向上。因此,磁场HC、HD将保持相互大致相反,但是当电流IY的电流方向被驱动电路106切换时可以以正相反的配置产生。

[0112] 与偶极线圈对36所产生的并且从磁场HA、HB生成的正相反的磁偶极对类似,偶极线圈对104所产生的并且从磁场HC、HD生成的正相反的磁偶极对也可以因此用于使用基于磁场的非接触式发射机102以非接触式方式通信数据。例如,当偶极线圈104A提供正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外,并且偶极线圈104B提供正相反的磁偶极对

中的另一个磁偶极使其指向基板44之内时,可以表示一个比特的逻辑状态(例如,比特值为逻辑“0”的比特状态),而当偶极线圈104A提供正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之内,并且偶极线圈104B提供正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之外时,可以表示该比特的正相反的逻辑状态(例如,比特值为逻辑“1”的比特状态)。正相反的磁偶极对也可以如下面进一步详细解释地用于表示比特符号的逻辑状态。

[0113] 该驱动电路38被配置为接收逻辑输入80和时钟信号CLK,并且被配置为如上关于上述基于磁场的非接触式发射机32所描述的来工作。驱动电路106以类似的方式工作,但是被配置为接收不同的逻辑输入124。该逻辑输入124代表一个逻辑状态。该逻辑输入124可以包括一个或多个逻辑信号,并且逻辑输入124所代表的逻辑状态可以是用于编码数据的任何类型的逻辑状态。例如,该逻辑状态可以是一个或多个比特状态、符号和/或类似物。驱动电路106可以接收时钟信号CLK以便协调逻辑输入124所提供的逻辑状态的传输。该驱动电路106配置为使得时钟信号CLK对驱动电路106何时对逻辑输入124不透明和该驱动电路106何时对逻辑输入124透明进行定时。在这一实施例中,驱动电路106和驱动电路38被配置为以同步方式工作。作为替代和/或另外,驱动电路106和驱动电路38可以异步地和/或独立地工作。

[0114] 如下面进一步详细描述的,可以使用图11中示出的基于磁场的非接触式发射机102和另一个基于磁场的非接触式接收机(可以是MTJ接收机)提供非接触式通信设备。在一个实施例中,基于磁场的非接触式接收机可以包括如上关于上述基于磁场的非接触式接收机34所描述的MTJ 40和感测电路42。因此,偶极线圈对36也可以被配置为在如上所述的该另一个基于磁场的非接触式接收机中产生磁场HIY(图3、5和8中示出的)。但是,如下面进一步详细描述的,该另一个基于磁场的非接触式接收机可以包括另一个MTJ和另一个感测电路,用于提供与偶极线圈对104的非接触式数据通信。

[0115] 例如,驱动电路106被配置为驱动偶极线圈104A产生磁场HC,并且驱动偶极线圈104B产生与磁场HC大致相反的磁场HD,以生成相对于布置在另一个基板(诸如图3中示出的基板64)上的所述另一个基于磁场的非接触式接收机处于面内的磁场HIY。与磁场HIX类似,磁场HIY相对于所述另一个基于磁场的非接触式接收机处于面内。但是,所述磁场HIY大致上正交于磁场HIX。基于磁场的非接触式发射机102被配置为使得偶极线圈对104所产生的面内磁场HIY是面内地生成的并且大致正交于该面内磁场HIX,因为如上所述,偶极线圈对104和偶极线圈对36的配准相互大致正交。

[0116] 在一个实施例中,驱动电路106被配置为驱动偶极线圈104A产生磁场HC,并且驱动偶极线圈104B产生与该磁场HC大致相反的磁场HD,以生成相对于另一个MTJ(即,不同于MTJ 40的一个)的自由层处于面内的磁场HIY。具体来讲,磁场HIY被生成为大致正交于所述另一个基于磁场的非接触式接收机的Y轴,如下将进一步详细描述的。因此,偶极线圈对104产生正相反的磁偶极对,并生成包括偶极线圈对104的磁场HC、HD的磁场线MFLY。要注意的是,该磁场线MFLY的旋转方向是由偶极线圈对104所产生的正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性确定的。因此,驱动电路106被配置为将该磁场HIY的磁场取向设置在两个正相反的方向中的一个方向上,该方向是参考方向DR'或与该参考方向DR'的正相反(即,-DR')。

[0117] 驱动电路106被配置为切换偶极线圈对104所产生的正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性,并且依照逻辑输入124的逻辑状态设置磁场HIY的磁场取向。例如,逻辑输

入124可以是单比特信号,并且逻辑状态可以是该比特信号的比特状态(即,具有逻辑“0”或“1”的比特值)。如上所述,驱动电路106被配置为通过生成从连接端116到连接端120的电压沿着偶极线圈对104生成电流IY。驱动电路106通过设置从连接端116到连接端120的电压的电压极性,来设置偶极线圈对104所产生的正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性。这是因为从连接端116到连接端120的电压的电压极性确定电流IY的电流方向。该逻辑输入的逻辑状态(在这一示例中是比特状态)因此对应于所述电压的电压极性,并且因此对应于电流IY的电流方向。当驱动电路106是透明的时,驱动电路106响应于逻辑输入124的比特状态,以依照该比特状态设置电压极性(以及因此的电流IY的电流方向)。

[0118] 例如,当偶极线圈104A提供正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外,并且偶极线圈104B提供正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之内时,可以表示一个具有逻辑值的比特的逻辑状态(例如,比特值为逻辑“0”的比特状态)。当偶极线圈104A提供正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之内,并且偶极线圈104B提供正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之外时,可以表示一个具有正相反逻辑值的比特的逻辑状态(例如,比特值为逻辑“1”的比特状态)。比特值为逻辑“0”的比特状态可以因此对应于从连接端116到连接端120的电压的电压极性为正并且电流IY的电流方向是从连接端116到连接端120。另一方面,比特值为逻辑“1”的比特状态可以对应于从连接端116到连接端120的电压的电压极性为负并且电流IY的电流方向是从连接端120到连接端116。

[0119] 当驱动电路106是透明的,并且响应于比特值为逻辑“0”的逻辑输入124的比特状态时,驱动电路106可以被配置为生成电压极性为正的电压以及从连接端116到连接端120的电流IY的电流方向。因此,驱动电路106被配置为设置正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性,使得偶极线圈104生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外,并且偶极线圈104B生成正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之内。结果,磁场HC被生成为沿着中心轴CC向基板44之外,而磁场HD被生成为沿着中心轴CD向基板44之内。因此,磁场HIY被生成为具有在方向DR'中的磁场取向,该方向大致上正交于Y轴。此外,当驱动电路106是透明的,并且响应于比特值为逻辑“1”的逻辑输入124的比特状态时,驱动电路106可以被配置为生成电压极性为负的电压以及从连接端120到连接端116的电流IY的电流方向。因此,驱动电路106被配置为设置正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性,使得偶极线圈104A生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之内,并且偶极线圈104B生成正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之外。结果,磁场HC被生成为沿着中心轴CC向基板44之内,而磁场HD被生成为沿着中心轴CD向基板44之外。因此,磁场HIY被生成为具有与方向DR'正相反并且大致上正交于Y轴的磁场取向。使用生成磁场HC、HD的偶极线圈对104所产生的正相反的磁偶极对,基于磁场的非接触式发射机102因此能够用于以非接触方式通信数据。正相反的磁偶极对还可以用于表示比特符号的逻辑状态,如下面进一步详细解释的。

[0120] 现在参考图11和图12,图12是可以与图11中示出的基于磁场的非接触式发射机102一起使用以提供非接触式通信设备的示例性基于面内磁场的非接触式接收机126的俯视图。该基于磁场的非接触式接收机126形成在基板64上。如图12中所示,基于磁场的非接触式接收机126有两个MTJ,该两个MTJ被配置为可以在大致正交的方向的一个方向上生成

面内磁场HIX,在大致正交的方向中的另一个方向上生成另一个面内磁场HIY以便接收比特符号。在这一实施例中,基于磁场的非接触式接收机126有如上关于基于磁场的非接触式接收机34描述的MTJ 40和感测电路42。MTJ 40和感测电路42以如上所述的相同方式工作,以从偶极线圈对36和驱动电路38接收数据。感测电路42因此生成逻辑输出86。但是,基于磁场的非接触式接收机126还包括MTJ 128和感测电路130。

[0121] MTJ 128被布置为相对于基板64处于面内,并且与MTJ 40相同,除了在基板64上的MTJ 128的配准大致正交于MTJ 40的配准。此外,偶极线圈对104(图11中示出)被配置为产生正相反的磁偶极对以生成相对于MTJ 128处于面内的、并且大致上正交于偶极线圈对36(图11中示出)的正相反的磁偶极对所产生的磁场HIX的磁场HIY。

[0122] 因此,MTJ 128包括由隧道势垒分开的参考层66'和自由层68'。MTJ 128的参考层66'与MTJ 40的参考层66相同,除了该参考层66'具有大致上正交于参考层66的易轴EAR并且平行于自由层68的易轴EAF(即,X轴)的易轴EAR'。参考层66'的磁化MR'因此具有固定在沿着易轴EAR'的方向DR'上的磁取向,其大致上正交于固定在沿着易轴EAR的方向DR上的参考层66的磁取向。因此该参考层66'的难轴平行于参考层66的易轴EAR并且大致上正交于参考层66的难轴。

[0123] 该MTJ 128的自由层68'与MTJ 40的自由层68相同,除了该自由层68'具有大致上正交于自由层68的易轴EAF并且平行于参考层66的易轴EAR的易轴EAF'。因此,当自由层68的易轴EAF定义基于磁场的非接触式接收机126的X轴时,自由层68'的易轴EAF'定义基于磁场的非接触式接收机126的Y轴。与自由层68的磁化MF类似,响应于磁场HIY,沿着易轴EAF'(即Y轴)提供自由层68'的磁化MF',其中,磁场HIY是被生成成为相对于自由层68'处于面内的并且具有沿着易轴EAF'的磁场取向。因此,磁化MF'大致上正交于参考层66'的磁取向,该磁取向在生成磁场HIY时就固定在方向DR'上。当生成磁场HIY时,自由层68'的难轴平行于该易轴EAF并且大致上正交于MTJ 40的易轴EAR。

[0124] 如上所述,MTJ 128与MTJ 40相同,除了MTJ 128和MTJ 40具有相互大致正交的配准。更具体的,自由层68'具有磁化MF',其可以在围绕易轴EAF'被取向为处于第四方向D4与围绕易轴EAF'被配向为处于第五方向D5之间切换。与MTJ 40类似,MTJ 128因此具有可在第一电阻状态和第二电阻状态之间来回切换的电阻,并且具有在第一磁取向配准状态和第二磁取向配准状态之间来回切换的磁取向配准。当磁化MF'沿着易轴EAF'被取向为方向D4时,MTJ 128的电阻被提供为处于第一电阻状态(以及因此的第一磁取向配准状态)中,并且其近似等于电阻R1。因此,自由层68'被配置为响应于磁场HIY具有大致上平行于参考方向DR'(该参考方向正交于易轴EAF')的磁场取向,将磁化MF'的磁取向围绕易轴EAF'设置在第四方向D4中。在这一示例中,第一电阻状态(以及第一磁取向配准状态)对应于比特值为逻辑“0”的比特状态。当磁化MF'沿着易轴EAF'被取向为第五方向D5时,在第二电阻状态(以及因此的第二磁取向配准状态)中提供该MTJ 128的电阻,并且其近似等于电阻R2。因此,自由层68被配置为响应于磁场HIY具有与参考方向DR'(该参考方向正交于易轴EAF'(即,Y轴))正相反的磁场取向,将磁化MF'的磁取向沿着易轴EAF'设置在第五方向D5中。在这一示例中,第二电阻状态(以及第一磁取向配准状态)对应于比特值为逻辑“1”的比特状态。

[0125] 应该注意的是,与MTJ 40的自由层68类似,MTJ 128被配置为提供磁化MF'使得没有生成磁场HIY时,该磁化MF'沿着自由层68'的易轴EAF'被取向为第六方向D6。在这一实施

例中,该第六方向D6大致正交于磁化MR'的参考方向DR'和易轴EAR'。因此,当没有生成磁场HIY时,MTJ 128的电阻被设置为处于第三电阻状态中,其近似等于电阻R3。此外,当没有生成磁场HIY时,MTJ 128的磁取向配准被提供为处于第三磁取向配准状态中。

[0126] 如图12中所示,感测电路130被配置为检测从基于磁场的非接触式发射机102(图11中示出)向基于磁场的非接触式接收机126无接触地通信的数据。在这一实施例中,感测电路42和MTJ 40被配置为以如上关于基于磁场的非接触式接收机34所描述的相同的方式工作。此外,MTJ 128和感测电路130类似于感测电路42和MTJ 40地工作,除了MTJ 128和感测电路130用偶极线圈对104和驱动电路106,而不是偶极线圈对36和驱动电路38工作。

[0127] 因此,感测电路130被配置为感测MTJ 128的电阻。通过检测MTJ 128处于第一电阻状态还是第二电阻状态,感测电路130还被配置为感测MTJ 128的磁取向配准处于第一磁取向配准状态(对应于第一电阻状态)还是第二磁取向配准状态(对应于第二电阻状态)。

[0128] 在图12中,感测电路130还被配置为发送代表基于MTJ 128的电阻的逻辑状态的逻辑输出132。该逻辑输出132可以包括一个或多个逻辑信号。逻辑输出132所代表的逻辑状态可以是用于编码数据的任何类型的逻辑状态。例如,该逻辑状态可以是一个或多个比特状态、符号和/或类似物。在这一实施例中,感测电路130接收时钟信号CLK以协调逻辑输出132中的逻辑状态的传输。感测电路130被配置为使得该时钟信号CLK对感测电路130何时对于MTJ 128的电阻是不透明的以及感测电路130何时对于MTJ 128的电阻是透明的进行定时。

[0129] 当感测电路130是透明的时,感测电路130被配置为依照MTJ 128的电阻,并且因此依照MTJ 128的磁取向配准来设置逻辑输出132的逻辑状态。因此,逻辑输出132的逻辑状态与驱动电路106(图11中示出)接收到的逻辑输入124(图11中示出)的逻辑状态对应。但是,该逻辑输出132的逻辑状态可能相对于逻辑输入124的逻辑状态发生延迟,因为该逻辑输出132的逻辑状态可以提供在时钟信号CLK的时钟周期的不同部分中或在该时钟信号CLK的不同时钟周期中。作为替代,不同的独立时钟信号,或不同的基于该时钟信号CLK的时钟信号可以与感测电路130一起使用。

[0130] 在这一实施例中,逻辑输出132是单比特信号,并且该逻辑状态可以是该比特信号的比特状态(即,具有逻辑“0”或“1”的比特值)。如上所述,驱动电路106(图11中示出)被配置为依照逻辑输入124(图11中示出)的比特状态生成正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁性。因此,磁场HIY的磁场取向是依照逻辑输入124的比特状态产生的。MTJ 128被配置为使得MTJ 128的电阻(以及因此的磁取向配准)依照磁场HIY的磁场取向在第一电阻状态(以及因此的第一磁取向配准状态)和第二电阻状态(以及因此的第二磁取向配准状态)之间来回切换。当该感测电路130是透明的时,感测电路130响应于逻辑输入124的比特状态,使得电压极性(以及因此的电流IY的电流方向)是依照该比特状态设置的。MTJ 128的电阻和MTJ 128的磁取向配准因此代表图11中示出的逻辑输入124的比特状态。

[0131] 继续如上关于图11描述的示例,当驱动电路106(图11中示出)是透明的,并且响应于比特值为逻辑“0”的逻辑输入124的比特状态,驱动电路106(图11中示出)被配置为设置正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁性,使得偶极线圈104A(图11中示出)生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之外,并且偶极线圈104B(图11中示出)生成正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之内。结果,在自由层68'中生成图12中示出的磁场HIY使得该磁场HIY的磁场取向大致上平行于方向参考DR'。作为响应,在围绕自

由层68'的易轴EAF' (即,相对于Y轴的负向旋转)的第四方向D4中提供该自由层68'的磁化MF'的磁取向。因此,MTJ 128的电阻被设置在第一电阻状态中并且MTJ 128的磁取向配准被提供在第一磁取向配准状态中。磁场HIY的磁场取向大致上平行于参考方向DR',因此电阻的第一电阻状态和MTJ 128的第一磁取向配准状态对应于比特值为逻辑“0”的比特状态。当感测电路130是透明的,并且响应于电阻处于第一电阻状态和MTJ 128处于第一磁取向配准状态时,该感测电路130被配置为生成逻辑输出132,使得该逻辑输出132的比特状态具有逻辑“0”的比特值。

[0132] 当驱动电路106 (图11中示出) 是透明的,并且响应于比特值为逻辑“1”的逻辑输入124 (图11中示出) 的比特状态时,驱动电路106被配置为设置正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性,使得偶极线圈104A (图11中示出) 生成正相反的磁偶极对中的一个磁偶极使其指向基板44之内,并且偶极线圈104B (图11中示出) 生成正相反的磁偶极对中的另一个磁偶极使其指向基板44之外。结果,在自由层68'中生成图11中示出的磁场HIY使得该磁场HIY的磁场取向被设置为沿着自由层68'的易轴EAF' (即,相对于Y轴的正向旋转) 与参考方向DR'正相反的方向 (即,-DR)。作为响应,在自由层68'的第五方向D5中提供自由层68'的磁化MF'的磁取向。因此,MTJ 128的电阻被设置在第二电阻状态中并且MTJ 128的磁取向配准被提供在第二磁取向配准状态中。磁场HIY的磁场取向被提供为与方向DR'正相反。作为响应,在第五方向D5中提供自由层68'的磁化MF'的磁取向。此外,MTJ 128被设置在第二电阻状态和第二磁取向配准状态。该第五状态D5,第二电阻状态和第二磁取向配准状态因此对应于比特值为逻辑“1”的比特状态。

[0133] 当感测电路130是透明的,并且响应于电阻处于第二电阻状态和MTJ 128处于第二磁取向配准状态时,该感测电路130被配置为生成逻辑输出132,使得该逻辑输出132的比特状态具有逻辑“1”的比特值。以此方式,数据可以从基于磁场的非接触式发射机102 (图11中示出) 传递到基于磁场的非接触式接收机34,并且可以由感测电路130的下游电路使用。如下面将进一步详细解释的,感测电路130的一些实施例还可以可操作地感测该电阻何时处于第三电阻状态中,以及MTJ 128的磁取向配准何时处于第三磁取向配准状态中。

[0134] 现在参考图11和图12,提供了作为非接触式通信设备来传递数据的基于磁场的非接触式发射机102和基于磁场的非接触式接收机126的描述。给定如上所述的示例性操作,可以同时通信两个比特的数据。在一个实施例中,基于磁场的非接触式发射机102可操作地接收逻辑输入134,在这一示例中该逻辑输入是包括逻辑输入80和逻辑输入124的两比特逻辑输入。另外,基于磁场的非接触式接收机126可以被配置为发送逻辑输出136,在这一示例中该逻辑输出是包括逻辑输出86和逻辑输出132的两比特逻辑输出。因此,逻辑输入134的逻辑状态是一个比特符号 (即,一个两比特的符号)。因此,基于磁场的非接触式发射机102被配置为使用偶极线圈对36和偶极线圈对104发送比特符号,而基于磁场的非接触式接收机126被配置为使用MTJ 40和MTJ 128接收比特符号。结果,逻辑输出136的逻辑状态也是一个比特符号 (即,一个两比特的符号)。

[0135] 下面的表I描述了基于磁场的非接触式发射机102根据逻辑输入134的比特符号并依照上述偶极线圈对36、驱动电路38、偶极线圈对104和驱动电路106的示例性配置的操作的一个实施例。

[0136]

表 I				
逻辑输入 134 的比特符号	逻辑输入 80 的比特 状态	逻辑输入 124 的比特 状态	磁场 HIX 的方向	磁场 HIY 的方 向
00	0	0	DR	DR'
01	0	1	DR	-DR'
10	1	0	-DR	DR'
11	1	1	-DR	-DR'

[0137] 下面的表II描述了基于磁场的非接触式接收机126的操作以及依照上述MTJ 40、感测电路42、MTJ 128和感测电路130的示例性配置的逻辑输入136的结果逻辑状态的一个实施例。

[0138]

表 II						
磁场 HIX 的方向	磁 场 HIY 的方向	MTJ 40 的 电阻	MTJ 128 的电阻	逻辑输 出 86 的比特 状态	逻辑输出 132 的比 特状态	逻 辑 输 出 136 的 比 特 符 号
DR	DR'	R1	R1	0	0	00
DR	-DR'	R1	R2	0	1	01
-DR	DR'	R2	R1	1	0	10
-DR	-DR'	R2	R2	1	1	11

[0139] 在基于磁场的非接触式发射机102的替代性实施例中，该基于磁场的非接触式发射机102可以包括：解码器（未示出），被配置为接收逻辑输入134并根据该逻辑输入134生成逻辑输入80和逻辑输入124。例如，该逻辑输入134可以有多于两个比特，并且因此逻辑输入134的逻辑状态可以是多比特符号。在一个示例中，逻辑输入134包括三个比特信号，并且因此该逻辑输入134的逻辑状态是一个三比特符号。该解码器可以被配置为生成具有逻辑值为“+1”、“0”或“-1”的逻辑状态的逻辑输入80。因此，驱动电路38可以被配置为设置正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性使得：响应于逻辑输入80的逻辑状态具有逻辑值中的一个值（即，“+1”、“0”或“-1”），磁场HIX的磁场取向大致平行于参考方向DR；响应于逻辑输入80的逻辑状态具有逻辑值中的另一个值（即，“+1”、“0”或“-1”），磁场HIX的磁场取向与参

考方向DR正相反(即, -DR); 以及响应于逻辑输入80的逻辑状态具有逻辑值中的第三个值(即, “+1”、“0”或“-1”), 不生成磁场HIX。另外, 驱动电路106可以被配置为设置正相反的磁偶极对的每一个磁偶极的磁极性使得: 响应于逻辑输入124的逻辑状态具有逻辑值中的一个值(即, “+1”、“0”或“-1”), 磁场HIY的磁场取向大致平行于参考方向DR'; 响应于逻辑输入124的逻辑状态具有逻辑值中的另一个值(即, “+1”、“0”或“-1”), 磁场HIY的磁场取向与参考方向DR' 正相反(即, -DR); 以及响应于逻辑输入124的逻辑状态具有逻辑值中的第三个值(即, “+1”、“0”或“-1”), 不生成磁场HIY。

[0140] 下面的表III描述了基于磁场的非接触式发射机102根据逻辑输入134的比特符号和依照示例性替代配置的操作的一个实施例。由于表III描述了给定逻辑输入134的比特符号, 逻辑输入80的逻辑状态和逻辑输入124的逻辑状态, 因此表III还描述了解码器的示例性操作。

[0141]

表 III				
逻辑输入 134 的比特符号	逻辑输入 80 的比特 状态	逻辑输入 124 的比特 状态	磁场 HIX 的方向	磁场 HIY 的方 向
000	-1	-1	DR	DR
001	0	-1	无	DR
010	+1	-1	-DR	DR
011	-1	0	DR	无
100	+1	0	-DR	无
101	-1	+1	DR	-DR
110	0	+1	无	-DR
111	+1	+1	-DR	-DR
关闭(drop)	0	0	无	无

[0142] 为了通过如上所述的就磁场的非接触式发射机102的替代性实施例工作, 可以提供基于磁场的非接触式接收机126的替代性实施例。感测电路42还被配置为感测MTJ 40的电阻和磁取向配准。感测电路130也被配置为感测MTJ 40的电阻和磁取向配准。但是, 如上所述, 针对逻辑输入80的第三个逻辑状态没有生成磁场HIX。因此, 感测电路42响应于逻辑输入80的逻辑状态具有逻辑值中的一个值, 感测MTJ 40具有处于第一电阻状态的电阻(以及因此磁取向配准处于第一磁取向配准状态); 响应于逻辑输入80的逻辑状态具有逻辑值中的另一个值, 感测该电阻处于第二电阻状态(以及因此磁取向配准处于第二磁取向配准状态); 以及响应于逻辑输入80的逻辑状态具有逻辑值中的第三个值, 感测该电阻处于第三电阻状态(以及因此磁取向配准处于第三磁取向配准状态)。该感测电路42被配置为生成逻

辑输出86,使得逻辑状态被依照电阻(以及磁取向配准)设置。因此,感测电路42可以被配置为生成逻辑输出86使得逻辑状态依照MTJ 40的电阻(以及因此磁取向配准)具有“+1”、“0”或“-1”的逻辑值。

[0143] 在基于磁场的非接触式接收机126的替代性实施例中,感测电路130还被配置为感测MTJ 128的电阻和磁取向配准。但是,如上所述,响应于具有第三个逻辑值的逻辑输入124的逻辑状态,不生成磁场HIY。因此,感测电路130响应于逻辑输入124的逻辑状态具有逻辑值中的一个值,感测MTJ 128具有处于第一电阻状态的电阻(以及因此磁取向配准处于第一磁取向配准状态);响应于逻辑输入124的逻辑状态具有逻辑值中的另一个值,感测该电阻处于第二电阻状态(以及因此磁取向配准处于第二磁取向配准状态);以及响应于逻辑输入124的逻辑状态具有逻辑值中的第三个值,感测电阻处于第三电阻状态(以及因此磁取向配准处于第三磁取向配准状态)。该感测电路130被配置为生成逻辑输出132,使得逻辑状态被依照电阻(以及磁取向配准)设置。在该实施例中,感测电路130被配置为生成逻辑输出132使得逻辑状态依照电阻(以及因此磁取向配准)具有“+1”、“0”或“-1”的逻辑值。

[0144] 在一个实施例中,基于磁场的非接触式接收机126可以包括:编码器(未示出),被配置为接收逻辑输出86和逻辑输出132,并且生成具有基于该逻辑输出86的逻辑状态和逻辑输出132的逻辑状态的逻辑输出136。例如,该编码器可以被配置为从逻辑输出86和逻辑输出132生成作为三比特信号的逻辑输出136。因此,该逻辑输出136的逻辑状态是三比特符号。

[0145] 下面的表IV描述了基于磁场的非接触式接收机126的操作和依照MTJ 40、感测电路42、MTJ 128和感测电路130的替代性配置的逻辑输出136的结果逻辑状态的一个实施例。由于表IV描述了给定逻辑输出86的逻辑状态和逻辑输出132的逻辑状态的逻辑输出136的比特符号,因此表IV还描述了该编码器的示例性操作。

[0146]

表 IV						
磁场 HIX 的方向	磁 场 HIY 的方向	MTJ 40 的电阻	MTJ 128 的电阻	逻辑输出 86 的比特 状态	逻辑输出 132 的比 特状态	逻辑输出 136 的比特 符号
DR	DR	R1	R1	-1	-1	000
无	DR	R3	R1	0	-1	001
-DR	DR	R2	R1	+1	-1	010
DR	无	R1	R3	-1	0	011
-DR	无	R2	R3	+1	0	100
DR	-DR	R1	R3	-1	+1	101
无	-DR	R3	R2	0	+1	110
-DR	-DR	R2	R2	+1	+1	111
无	无	R3	R3	0	0	关闭(drop)

[0147] 图13示出了具有被布置为相对于基板44处于面内的多个发射机单元102(1)、102(2)、102(3)、102(4)的又一个示例性基于面内磁场的非接触式发射机138。发射机单元102(1)、102(2)、102(3)、102(4)的每一个与上述基于磁场的非接触式发射机102完全相同。因此,该发射机单元102(1)具有操作性地与驱动电路38(1)相关联的一对偶极线圈(统称为元件36(1),具体称为元件36A(1)、36B(1)),该发射机单元102(2)具有操作性地与驱动电路38(2)相关联的一对偶极线圈(统称为元件36(2),具体称为元件36A(2)、36B(2)),该发射机单元102(3)具有操作性地与驱动电路38(3)相关联的一对偶极线圈(统称为元件36(3),具体称为元件36A(3)、36B(3)),而该发射机单元102(4)具有操作性地与驱动电路38(4)相关联的一对偶极线圈(统称为元件36(4),具体称为元件36A(4)、36B(4))。偶极线圈对36(1)、36(2)、36(3)、36(4)的每一个与上述偶极线圈对36完全相同。类似的,驱动电路38(1)、38(2)、38(3)、38(4)的每一个与上述驱动电路38完全相同。

[0148] 另外,发射机单元102(1)具有操作性地与驱动电路106(1)相关联的一对偶极线圈(统称为元件104(1),具体称为元件104A(1)、104B(1)),发射机单元102(2)具有操作性地与驱动电路106(2)相关联的一对偶极线圈(统称为元件104(2),具体称为元件104A(2)、104B(2)),发射机单元102(3)具有操作性地与驱动电路106(3)相关联的一对偶极线圈(统称为元件104(3),具体称为元件104A(3)、104B(3)),以及发射机单元102(4)具有操作性地与驱动电路106(4)相关联的一对偶极线圈(统称为元件104(4),具体称为元件104A(4)、104B(4))。偶极线圈对104(1)、104(2)、104(3)、104(4)的每一个与上述偶极线圈对104完全相同。类似的,驱动电路106(1)、106(2)、106(3)、106(4)的每一个与上述驱动电路106完全相同。在这一实施例中,示例性基于磁场的非接触式发射机138被配置为同时从所述多个发射

机单元102(1)、102(2)、102(3)、102(4)的每一个发送不同的比特符号。

[0149] 图14示出了布置在基板64上的另一个示例性基于面内磁场的非接触式接收机140,其可以与图13中示出的基于磁场的非接触式发射机138一起使用以提供非接触式通信设备。该基于磁场的非接触式接收机140具有被布置为相对于基板64处于面内的多个接收机单元126(1)、126(2)、126(3)、126(4)。接收机单元126(1)、126(2)、126(3)、126(4)的每一个与上述基于磁场的非接触式接收机126完全相同。

[0150] 接收机单元126(1)被配置为以如上关于图12中示出的基于磁场的非接触式接收机126和图11中示出的基于磁场的非接触式发射机102描述的相同方式从发射机单元102(1)接收数据。因此,接收机单元126(1)具有MTJ 40(1)、感测电路42(1)、MTJ 128(1)和感测电路130(1)。MTJ 40(1)具有参考层66(1)和自由层68(1),其中,在所述参考层66(1)和自由层68(1)之间定义隧道势垒。MTJ 40(1)被布置为相对于基板64处于面内。此外,参考层66(1)定义相对于基板64处于面内的易轴EAR(1),使得参考层66(1)的磁化MR(1)方向沿着该易轴EAR(1)。自由层68(1)定义大致上正交于该易轴EAR(1)并且相对于基板64处于面内的易轴EAF(1)。感测电路42(1)被配置为感测MTJ 40(1)的电阻。因此,MTJ 40(1)与MTJ 40完全相同,感测电路42(1)与图11中示出的感测电路42完全相同。另外,MTJ128(1)具有参考层66(1)'和自由层68(1)',其中,在所述参考层66(1)'和自由层68(1)'之间定义隧道势垒。MTJ 128(1)被布置为相对于基板64处于面内。此外,参考层66(1)'定义相对于基板64处于面内的易轴EAR(1)',使得参考层66(1)'的磁化MR(1)'沿着该易轴EAR(1)'取向。自由层68(1)'定义大致上正交于该易轴EAR(1)'并且相对于基板64处于面内的易轴EAF(1)'。该MTJ 128中的自由层68(1)'的易轴EAF(1)'还大致上正交于MTJ 40(1)中的自由层68(1)的易轴EAF(1)。感测电路130(1)被配置为感测MTJ 128(1)的电阻。因此,MTJ 128(1)与MTJ 128完全相同,感测电路130(1)与图12中示出的感测电路130完全相同。

[0151] 接收机单元126(2)被配置为以如上关于图12中示出的基于磁场的非接触式接收机126和图11中示出的基于磁场的非接触式发射机102描述的相同方式从发射机单元102(2)接收数据。因此,接收机单元126(2)具有MTJ 40(2)、感测电路42(2)、MTJ 128(2)和感测电路130(2)。MTJ 40(2)具有参考层66(2)和自由层68(2),其中,在所述参考层66(2)和自由层68(2)之间定义隧道势垒。MTJ 40(2)被布置为相对于基板64处于面内。此外,参考层66(2)定义相对于基板64处于面内的易轴EAR(2),使得参考层66(2)的磁化MR(2)沿着该易轴EAR(2)取向。自由层68(2)定义大致上正交于该易轴EAR(2)并且相对于基板64处于面内的易轴EAF(2)。感测电路42(2)被配置为感测MTJ 40(2)的电阻。因此,MTJ 40(2)与MTJ 40完全相同,感测电路42(2)与图11中示出的感测电路42完全相同。另外,MTJ128(2)具有参考层66(2)'和自由层68(2)',其中,在所述参考层66(2)'和自由层68(2)'之间定义隧道势垒。MTJ 128(2)被布置为相对于基板64处于面内。此外,参考层66(2)'定义相对于基板64处于面内的易轴EAR(2)',使得参考层66(2)'的磁化MR(2)'沿着该易轴EAR(2)'取向。自由层68(2)'定义大致上正交于该易轴EAR(2)'并且相对于基板64处于面内的易轴EAF(2)'。该MTJ 128(2)中的自由层68(2)'的易轴EAF(2)'还大致上正交于MTJ 40(2)中的自由层68(2)的易轴EAF(2)。感测电路130(2)被配置为感测MTJ 128(2)的电阻。因此,MTJ 128(2)与MTJ 128完全相同,感测电路130(2)与图12中示出的感测电路130完全相同。

[0152] 接收机单元126(3)被配置为以如上关于图12中示出的基于磁场的非接触式接收

机126和图11中示出的基于磁场的非接触式发射机102描述的相同方式从发射机单元102 (3)接收数据。因此,接收机单元126 (3)具有MTJ 40 (3)、感测电路42 (3)、MTJ 128 (3)和感测电路130 (3)。MTJ 40 (3)具有参考层66 (3)和自由层68 (3),其中,在所述参考层66 (3)和自由层68 (3)之间定义隧道势垒。MTJ 40 (3)被布置为相对于基板64处于面内。此外,参考层66 (3)定义相对于基板64处于面内的易轴EAR (3),使得参考层66 (3)的磁化MR (3)沿着该易轴EAR (3)取向。自由层68 (3)定义大致上正交于该易轴EAR (3)并且相对于基板64处于面内的易轴EAF (3)。感测电路42 (3)被配置为感测MTJ 40 (3)的电阻。因此,MTJ 40 (3)与MTJ 40完全相同,感测电路42 (3)与图11中示出的感测电路42完全相同。另外,MTJ128 (3)具有参考层66 (3)'和自由层68 (3)',其中,在所述参考层66 (3)'和自由层68 (3)'之间定义隧道势垒。MTJ 128 (3)被布置为相对于基板64处于面内。此外,参考层66 (3)'定义相对于基板64处于面内的易轴EAR (3)',使得参考层66 (3)'的磁化MR (3)'沿着该易轴EAR (3)'方向。自由层68 (3)'定义大致上正交于该易轴EAR (3)'并且相对于基板64处于面内的易轴EAF (3)'。该MTJ 128中的自由层68 (3)'的易轴EAF (3)'还大致上正交于MTJ 40 (3)中的自由层68 (3)的易轴EAF (3)。感测电路130 (3)被配置为感测MTJ 128 (3)的电阻。因此,MTJ 128 (3)与MTJ 128完全相同,感测电路130 (3)与图12中示出的感测电路130完全相同。

[0153] 接收机单元126 (4)被配置为以如上关于图12中示出的基于磁场的非接触式接收机126和图11中示出的基于磁场的非接触式发射机102描述的相同方式从发射机单元102 (4)接收数据。因此,接收机单元126 (4)具有MTJ 40 (4)、感测电路42 (4)、MTJ 128 (4)和感测电路130 (4)。MTJ 40 (4)具有参考层66 (4)和自由层68 (4),其中,在所述参考层66 (4)和自由层68 (4)之间定义隧道势垒。MTJ 40 (4)被布置为相对于基板64处于面内。此外,参考层66 (4)定义相对于基板64处于面内的易轴EAR (4),使得参考层66 (4)的磁化MR (4)沿着该易轴EAR (4)取向。自由层68 (4)定义大致上正交于该易轴EAR (4)并且相对于基板64处于面内的易轴EAF (4)。感测电路42 (4)被配置为感测MTJ 40 (4)的电阻。因此,MTJ 40 (4)与MTJ 40完全相同,感测电路42 (4)与图11中示出的感测电路42完全相同。另外,MTJ128 (4)具有参考层66 (4)'和自由层68 (4)',其中,在所述参考层66 (4)'和自由层68 (4)'之间定义隧道势垒。MTJ 128 (4)被布置为相对于基板64处于面内。此外,参考层66 (4)'定义相对于基板64处于面内的易轴EAR (4)',使得参考层66 (4)'的磁化MR (4)'沿着该易轴EAR (4)'取向。自由层68 (4)'定义大致上正交于该易轴EAR (4)'并且相对于基板64处于面内的易轴EAF (4)'。该MTJ (4) 128中的自由层68 (4)'的易轴EAF (4)'还大致上正交于MTJ 40 (4)中的自由层68 (4)的易轴EAF (4)。感测电路130 (4)被配置为感测MTJ 128 (4)的电阻。因此,MTJ 128 (4)与MTJ 128完全相同,感测电路130 (4)与图12中示出的感测电路130完全相同。

[0154] 图15示出了依照本公开内容配置的非接触式通信设备142的一个实施例。非接触式通信设备142用于便携式电子设备144中,以便在该便携式电子设备144中的应用处理器146与显示器148之间以非接触式方式传递数据。该便携式电子设备144包括应用主板150和显示器主板152,每个都可以是印刷电路板。在该应用主板150上提供应用处理器146。非接触式通信设备142还包括在应用主板150上提供的IC封装件154。该IC封装件154通过应用主板150耦合到应用处理器146。在这一实施例中,IC封装件154包括基板44,并且具有基于磁场的非接触式发射机138。基于磁场的非接触式发射机138被配置为以如上所述的非接触式方式通信应用处理器146所提供的的数据。

[0155] 显示器148在显示器主板152上与显示控制器156一起提供。非接触式通信设备142还包括在显示器主板152上提供的IC封装件158。该IC封装件158通过显示器主板152耦合到显示控制器156。在这一实施例中,IC封装件158包括基板64,并且具有图14中示出的基于磁场的非接触式接收机140。基于磁场的非接触式接收机140被配置为以如上所述的非接触式方式从基于磁场的非接触式发射机138接收数据。然后由该基于磁场的非接触式接收机140经由显示器主板152将数据发送给显示控制器156。以此方式,该应用处理器146被配置为使用非接触式通信设备142向显示器148通信数据。

[0156] 图16是图15中示出的便携式电子设备144的框图,该设备包括示例性的基于处理器的系统和依照本申请中公开的任何实施例的能够用于向该基于处理器的系统中的组件进行非接触式地通信的非接触式通信设备。在这一实施例中,图15中示出的便携式电子设备144包括相应的非接触式设备142。可以依照本申请中公开的实施例提供非接触式数据通信,并且非接触式通信设备(诸如非接触式通信设备142)、基于磁场的非接触式接收机(诸如基于磁场的非接触式接收机140)和/或基于磁场的非接触式发射机(诸如基于磁场的非接触式发射机138)的任何实施例可以在任何基于处理器的设备中提供或者集成到该设备中。例如但并非限制性的,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、桌面型计算机、个人数字助理(PDA)、监视器、计算机监视器、电视、调谐器、无线电装置、卫星无线电装置、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、数字视频盘(DVD)播放器和便携式数字视频播放器。

[0157] 从这一点而言,图16示出了基于处理器的系统的示例,它是采用如图15中所示出的非接触式通信设备142的便携式电子设备144。在这一示例中,便携式电子设备144包括一个或多个中央处理单元(CPU)160,每个包括一个或多个处理器162,诸如应用处理器146。CPU 160可以是主机设备164。CPU 160可以具有耦合到该处理器162用于快速访问临时存储的数据的缓存存储器166。CPU 160耦合到系统总线168,并且可以相互耦合该便携式电子设备144中包括的主从设备。系统总线168可以是总线互连的。众所周知,CPU 160通过在系统总线168上交换地址、控制和数据信息来与这些其它设备通信。例如,CPU 160可以向作为从设备的示例的存储控制器172通信总线事务请求。虽然在图16中未示出,但是可以提供多个系统总线168,其中每个系统总线168由不同光纤构成。其它主从设备可以连接到系统总线168。如图16中所示出的,这些设备可以包括,例如存储器系统174、一个或多个输入设备176、一个或多个输出设备178、一个或多个网络接口设备180和显示控制器156。输入设备176可以包括任何类型的输入设备,包括但并不仅限于输入按键、开关、语音处理器等等。输出设备178可以包括任何类型的输出设备,包括但并不仅限于音频、视频、其它可视化指示符等等。网络接口设备180可以是配置允许向和从网络182交换数据的任何设备。网络182可以是任何类型的网络,包括但并不仅限于有线或无线网络、私有或公共网络、局域网(LAN)、广域网(WLAN)和互联网。该网络接口设备180可以被配置为支持任何类型的需要的通信协议。存储器系统174可以包括一个或多个存储器单元184(0至N)。可以在系统总线168和耦合到该系统总线168的主从设备(诸如,存储器系统174中提供的存储器单元184(0至N))之间提供仲裁器186。

[0158] 在这一实施例中,CPU 160被配置为使用非接触式通信设备142访问显示控制器

156以便控制发送给一个或多个显示器148的控制信息。在这一实施例中,CPU 160可以耦合到非接触式通信设备142的基于磁场的非接触式发射机138。因此,基于磁场的非接触式发射机138以非接触式方式从CPU 160向基于磁场的非接触式接收机140发送信息。该显示控制器156被配置为从基于磁场的非接触式接收机140接收信息。该显示控制器156经由一个或多个视频处理器188将要显示的信息发送给显示器148,所述视频处理器将要显示的信息处理成适合于显示器148的格式中。显示器148能够包括任何类型的显示器,包括但并不仅限于阴极射线管(CRT)、液晶显示器(LCD)、等离子显示器等等。

[0159] CPU 160和显示控制器156可以用作通过非接触式通信设备142向仲裁器186做出存储器访问请求的主设备。CPU 160和显示控制器156中的不同线程可以向仲裁器186做出请求。CPU 160和显示控制器156可以向仲裁器186提供MID作为事务请求的一部分。

[0160] 本领域技术人员还应当了解的是,结合本发明的公开实施例描述的各种示例性的逻辑框、模块、电路和算法均可以实现成电子硬件、存储在存储器或另一个计算机可读介质中并由处理器或其它处理设备执行的指令或其组合。本申请中描述的仲裁器、主设备和从设备可以用于例如任何电路、硬件组件、集成电路(IC)或IC芯片中。本申请中公开的存储器可以是任何类型和尺寸的存储器并且可以配置为存储需要的任何类型的信息。为了清楚地表示这一可交换性,上面对各种示例性的部件、框、模块、电路和步骤均围绕其功能进行了总体描述。这种功能如何实现取决于特定的应用、设计选择和/或对整个系统所施加的设计约束条件。熟练的技术人员可以针对每个特定应用,以变通的方式实现所描述的功能,但是,这种实现决策不应解释为背离本发明的保护范围。

[0161] 通过被设计用于执行本申请所述功能的处理器、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、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件或者其任意组合,可以实现或执行结合本申请公开实施例描述的各种示例性的逻辑框图、模块和电路。处理器可以是微处理器,或者,该处理器也可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器或者状态机。处理器还可以实现为计算设备的组合,例如,DSP和微处理器的组合、多个微处理器、一个或多个微处理器与DSP内核的结合,或者任何其它此种结构。

[0162] 本申请中公开的实施例可以实现在硬件中并且可以实现在存储在硬件中的指令中,并且可以驻存在例如随机访问存储器(RAM)、闪存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM(EPROM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)、寄存器、硬盘、移动硬盘、CD-ROM或本领域已知的任何其它形式的计算机可读介质中。示例性的存储介质与处理器耦合,处理器可以从存储介质读取信息和向其中写入信息。作为替换,存储介质可以是处理器的一部分。处理器和存储介质可以位于ASIC中。ASIC可以位于远程站中。作为替代,处理器和存储介质可以作为远程站、基站或服务器中的分立组件。

[0163] 还应该注意的是,描述本申请中的任何示例性实施例中描述的操作步骤以提供示例和讨论。所描述的操作可以用不同于所示出的序列的多个序列来执行。此外,单个操作步骤中描述的操作实际上可以在多个不同步骤中执行。另外,示例性实施例中讨论的一个或多个操作步骤可以组合起来。应该理解的是,流程图中示出的操作步骤可以遵循对本领域的技术人员将是显而易见的很多不同修改。本领域的技术人员还应该理解可以使用各种不同技术和方法的任何一种来表示信息和信号。例如,贯穿上述描述引用的数据、指令、命令、

信息、信号、比特、符号和码片可以由电压、电流、电磁波、磁场或磁粒子、光学场或光粒子或它们的任何组合来表示。

[0164] 为使本领域任何技术人员能够实现或者使用本发明，上面提供了对所公开内容的描述。对于本领域技术人员来说，对这些实施例的各种修改都是显而易见的，并且，本发明定义的总体原理也可以在不脱离本发明的精神和保护范围的基础上适用于其它变形。因此，本发明内容并不限于本申请中描述的示例和设计，而是与本发明公开的原理和新颖性特征的最广范围相一致。

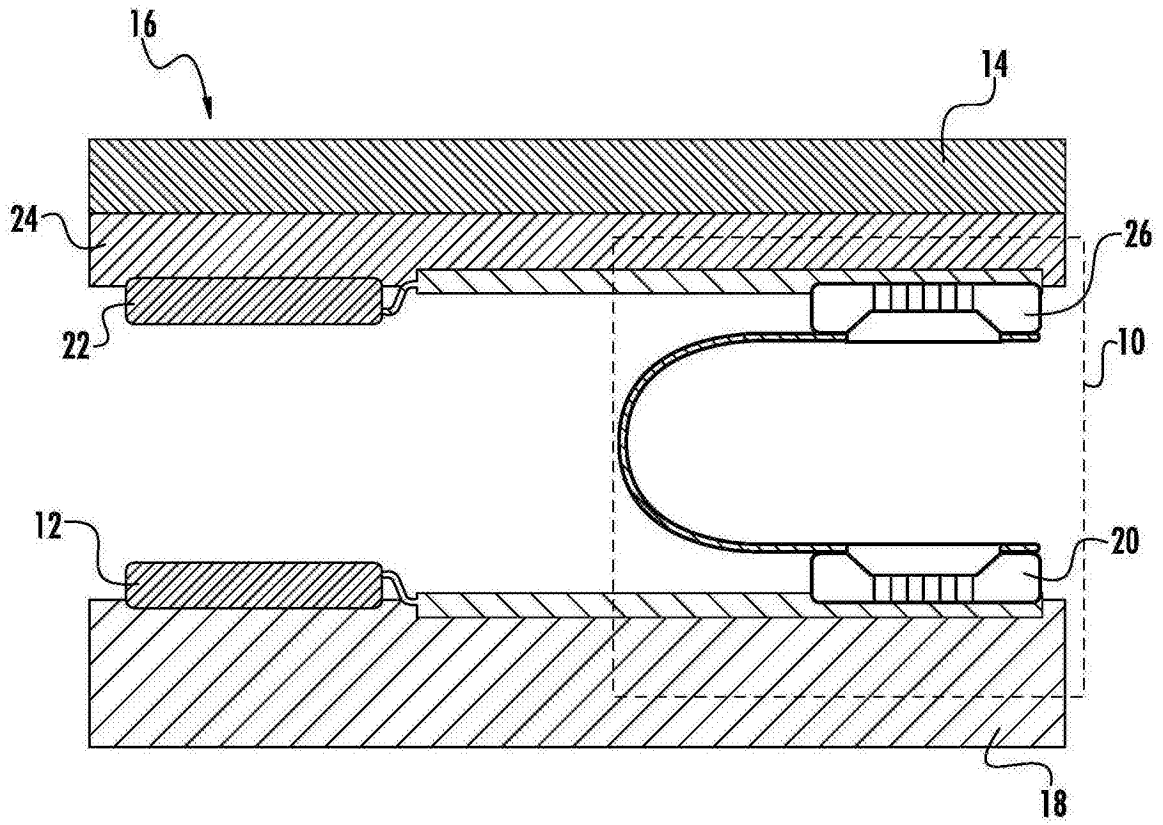


图1现有技术

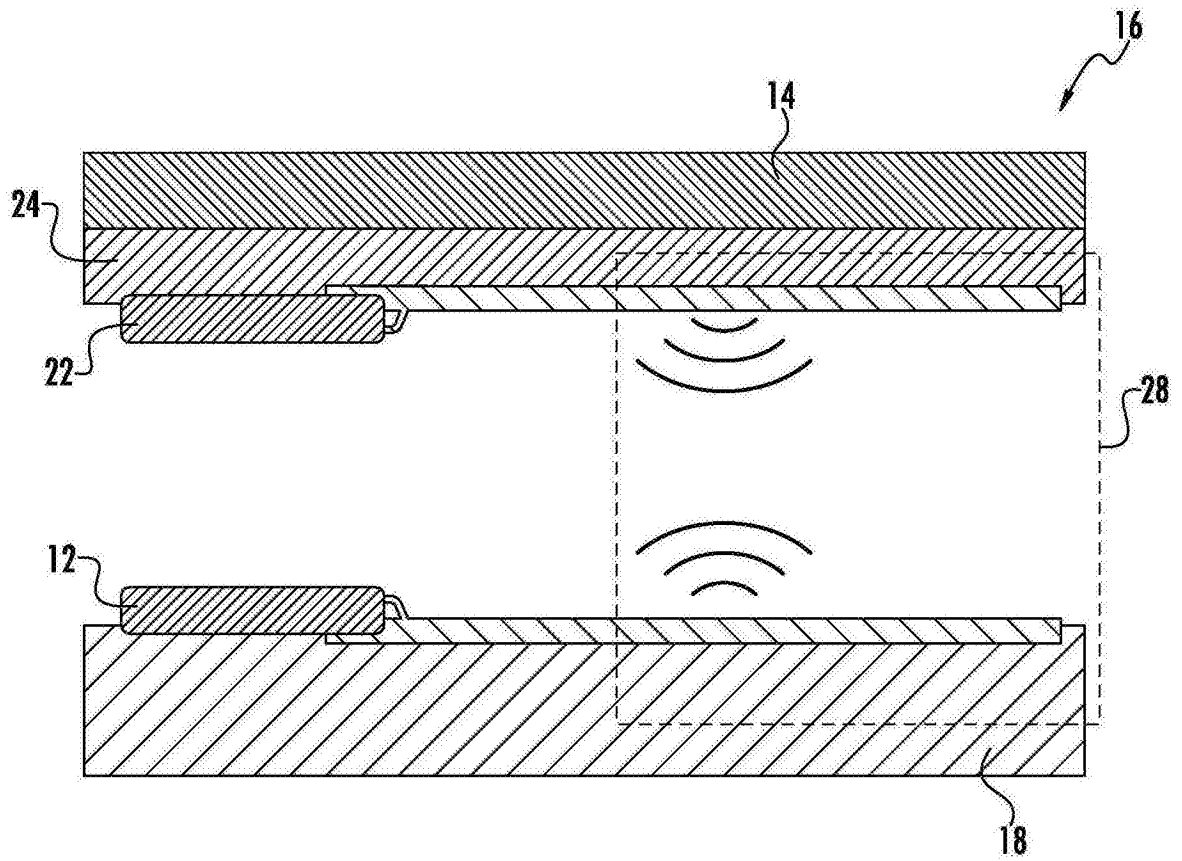


图2现有技术

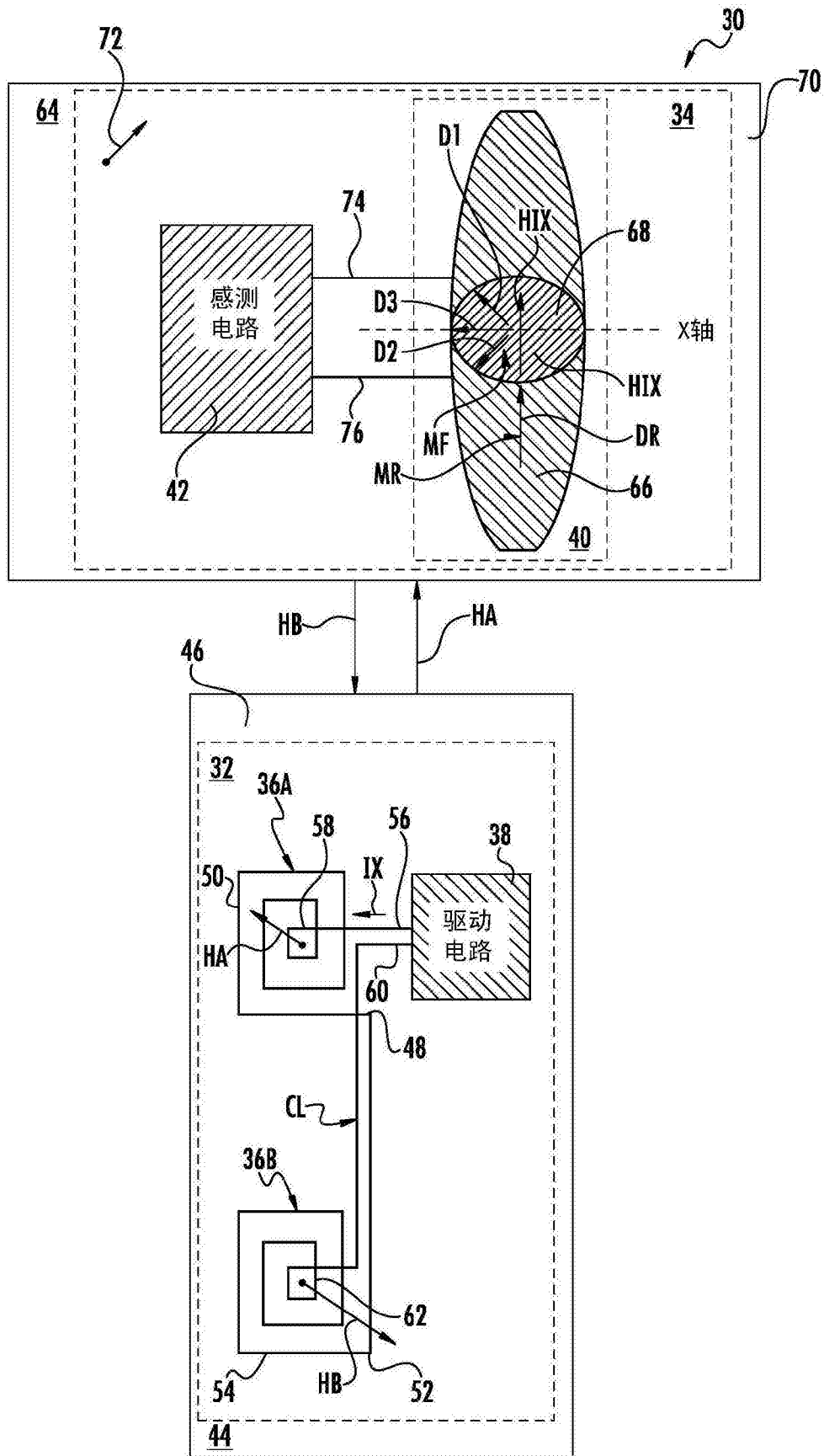


图3

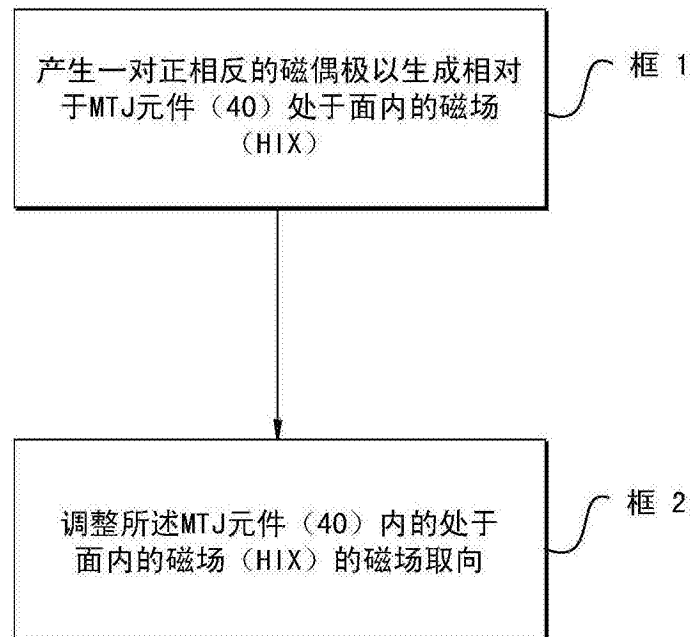


图4

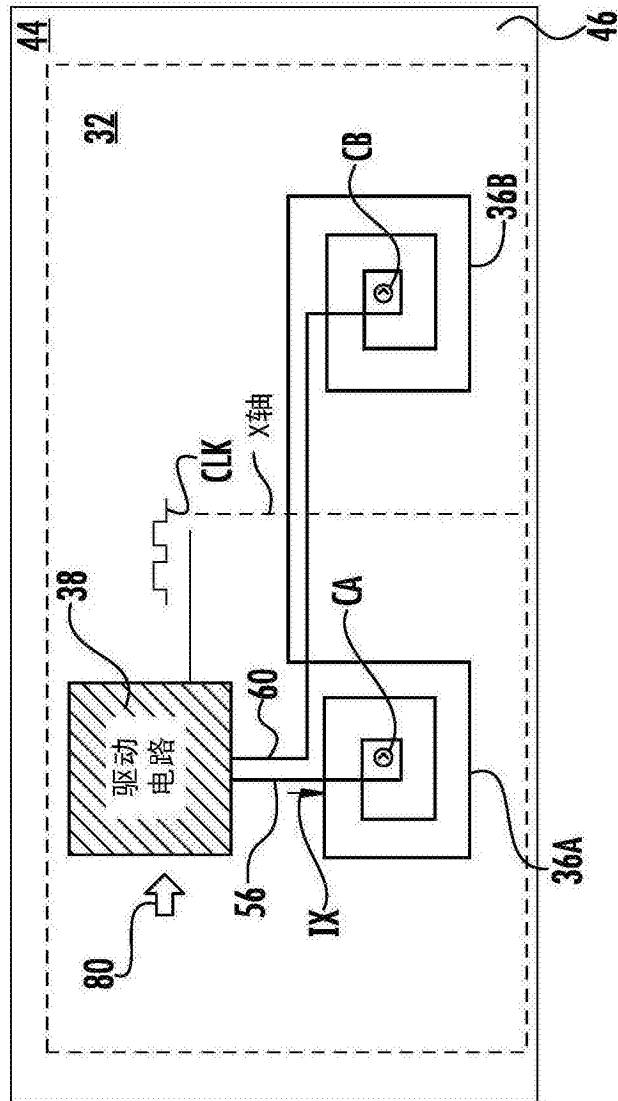


图6

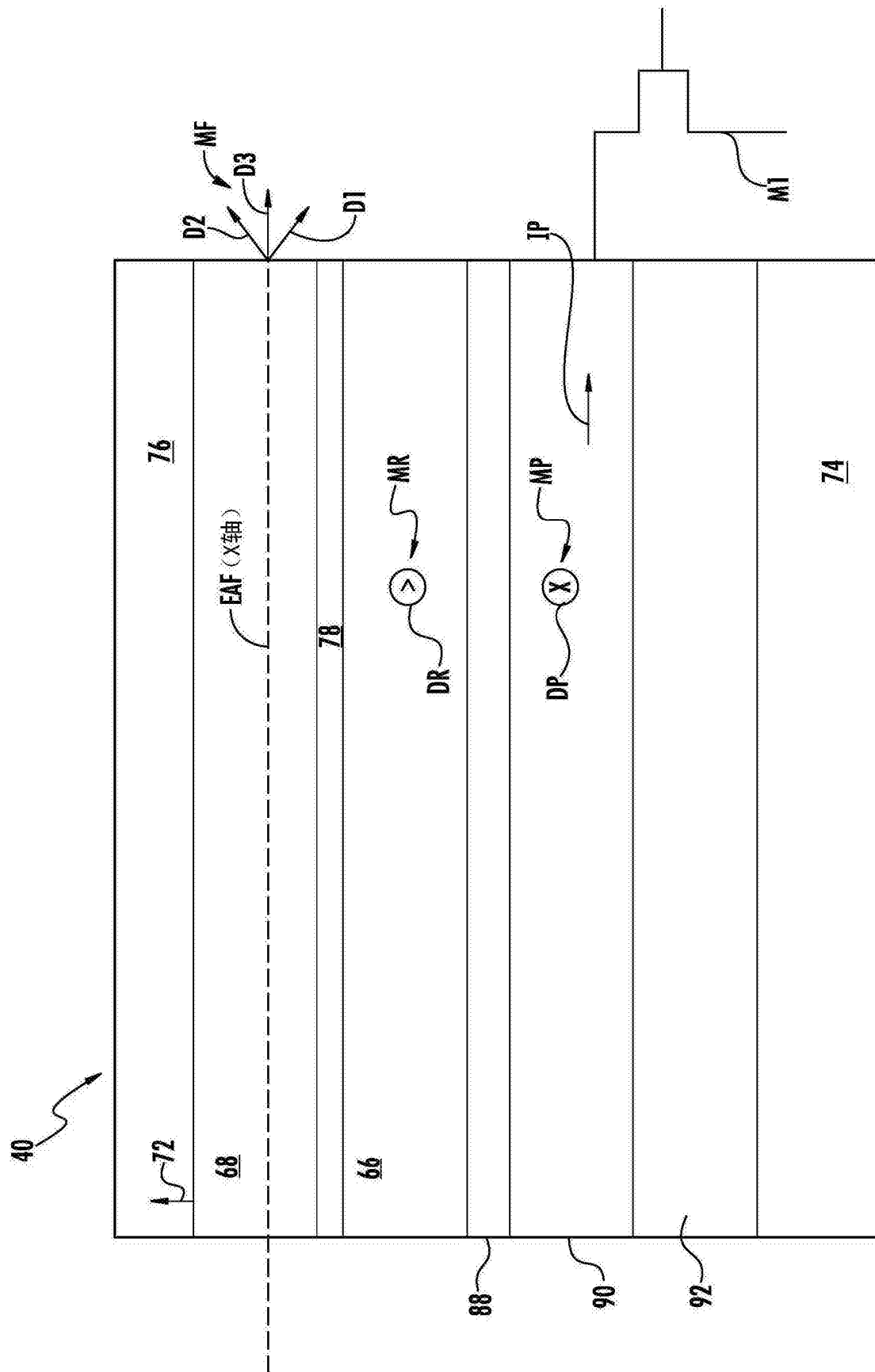


图9

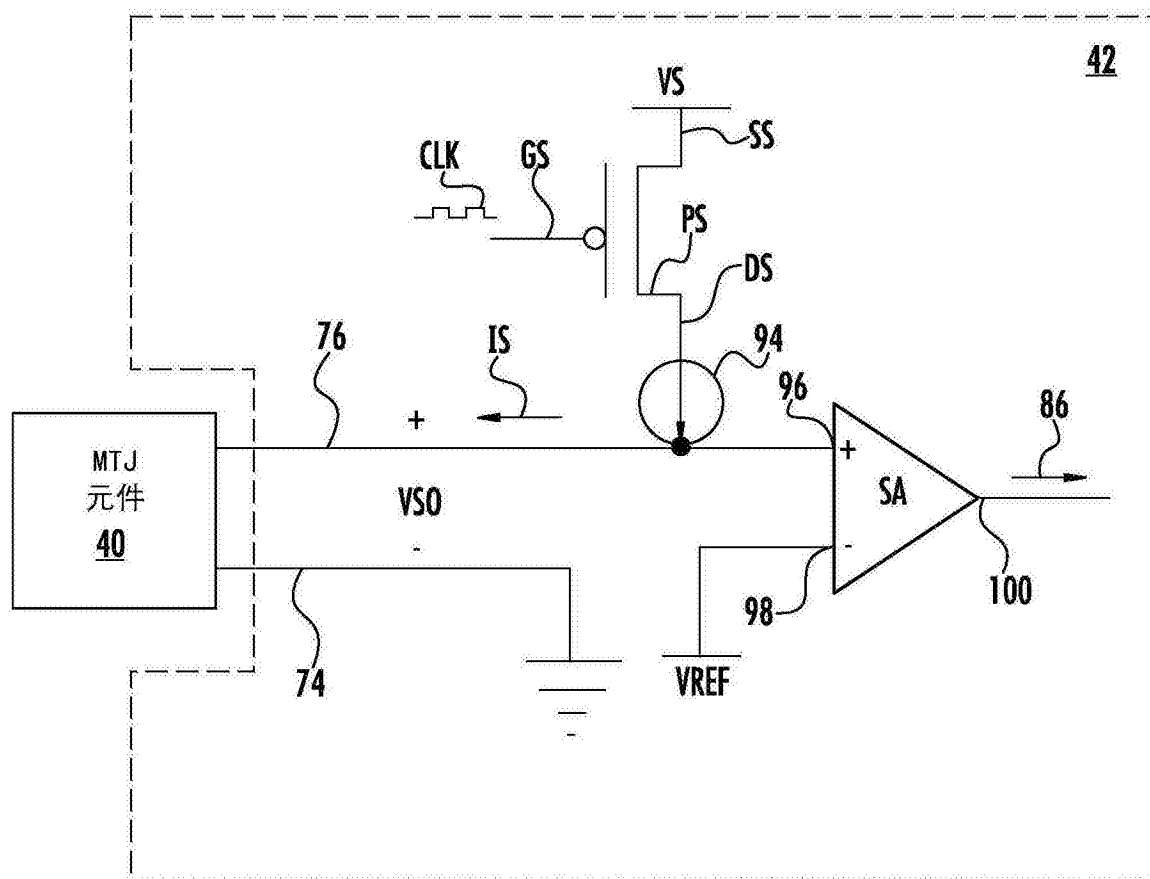


图10

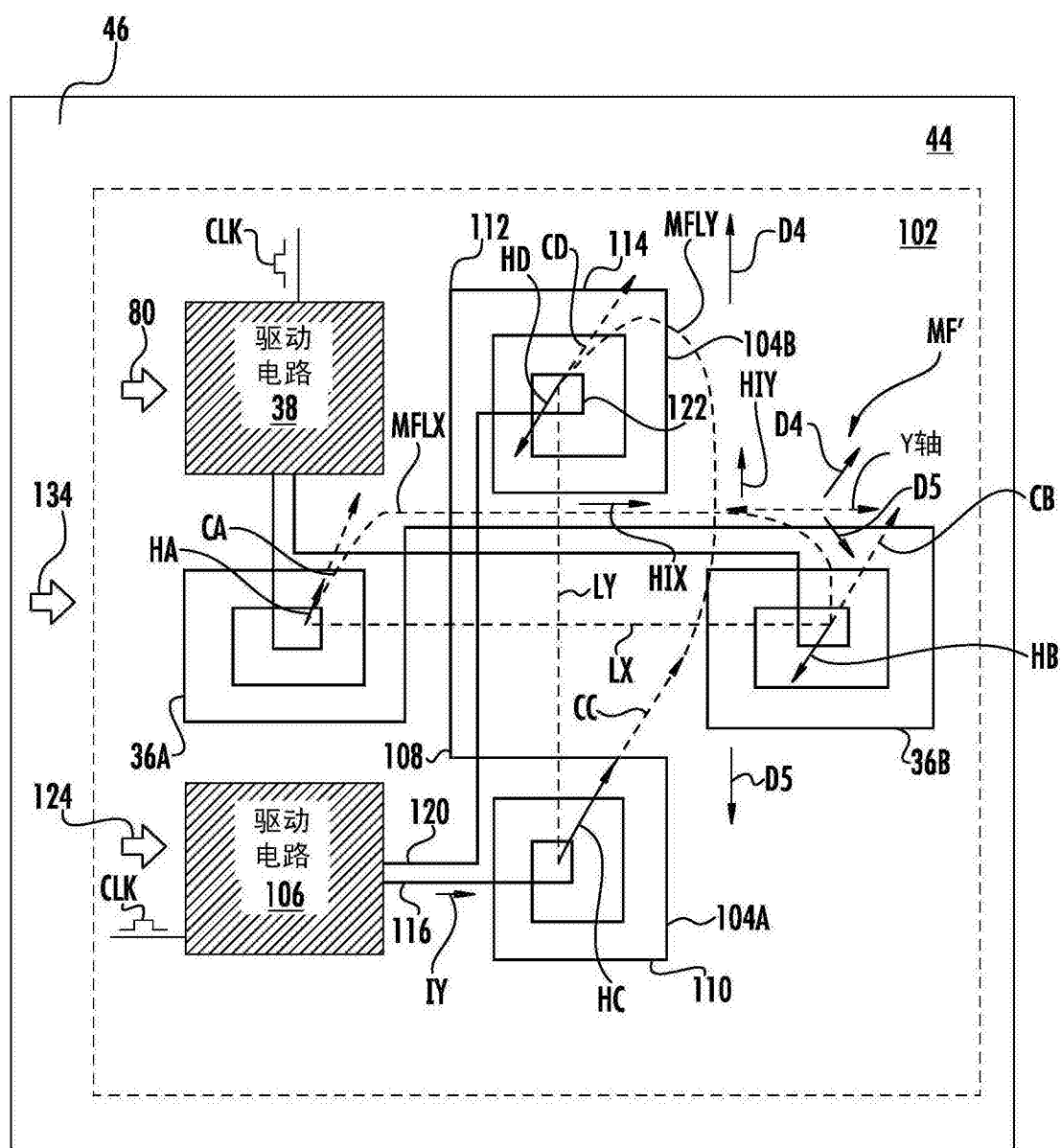


图 11

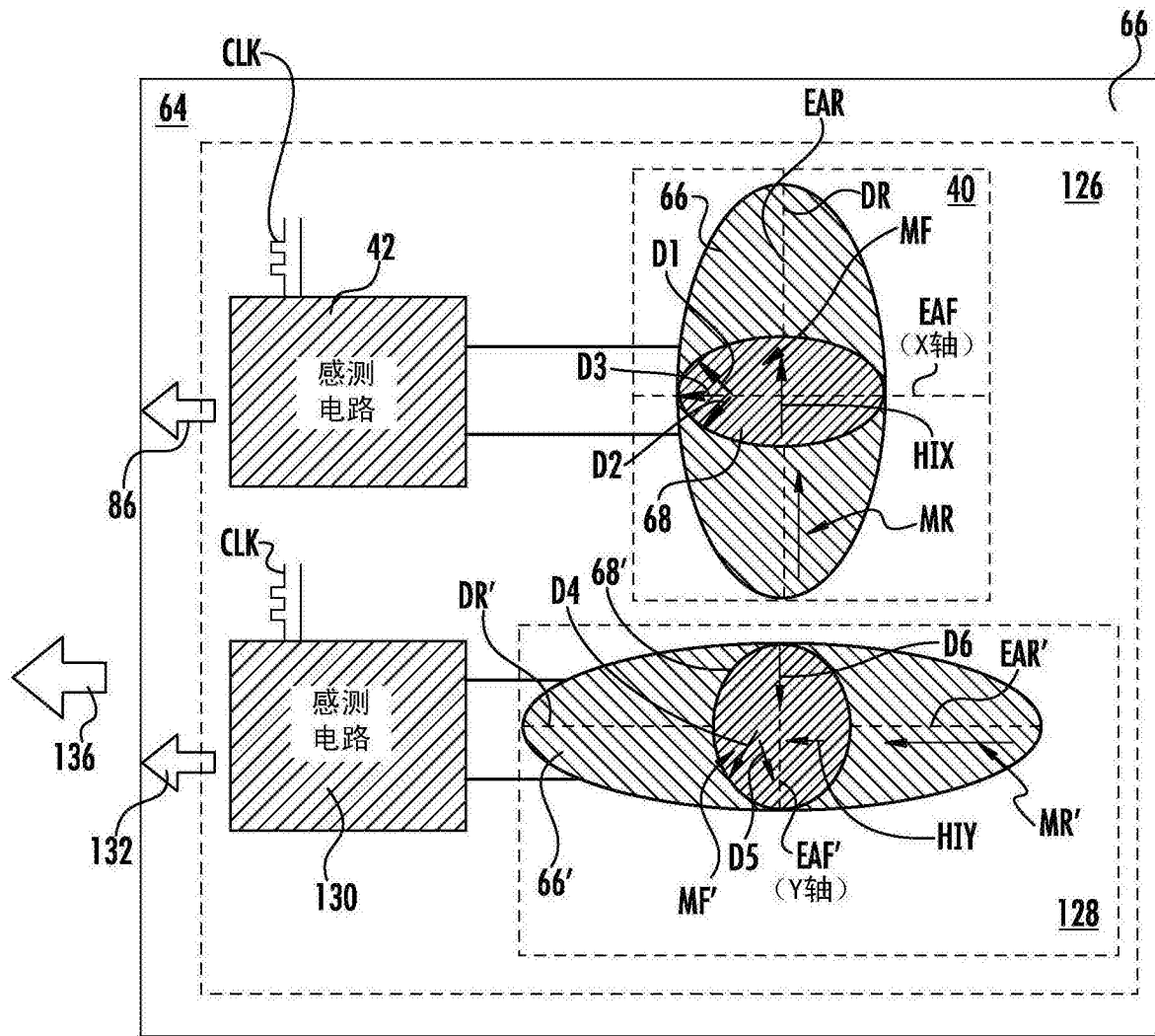


图12

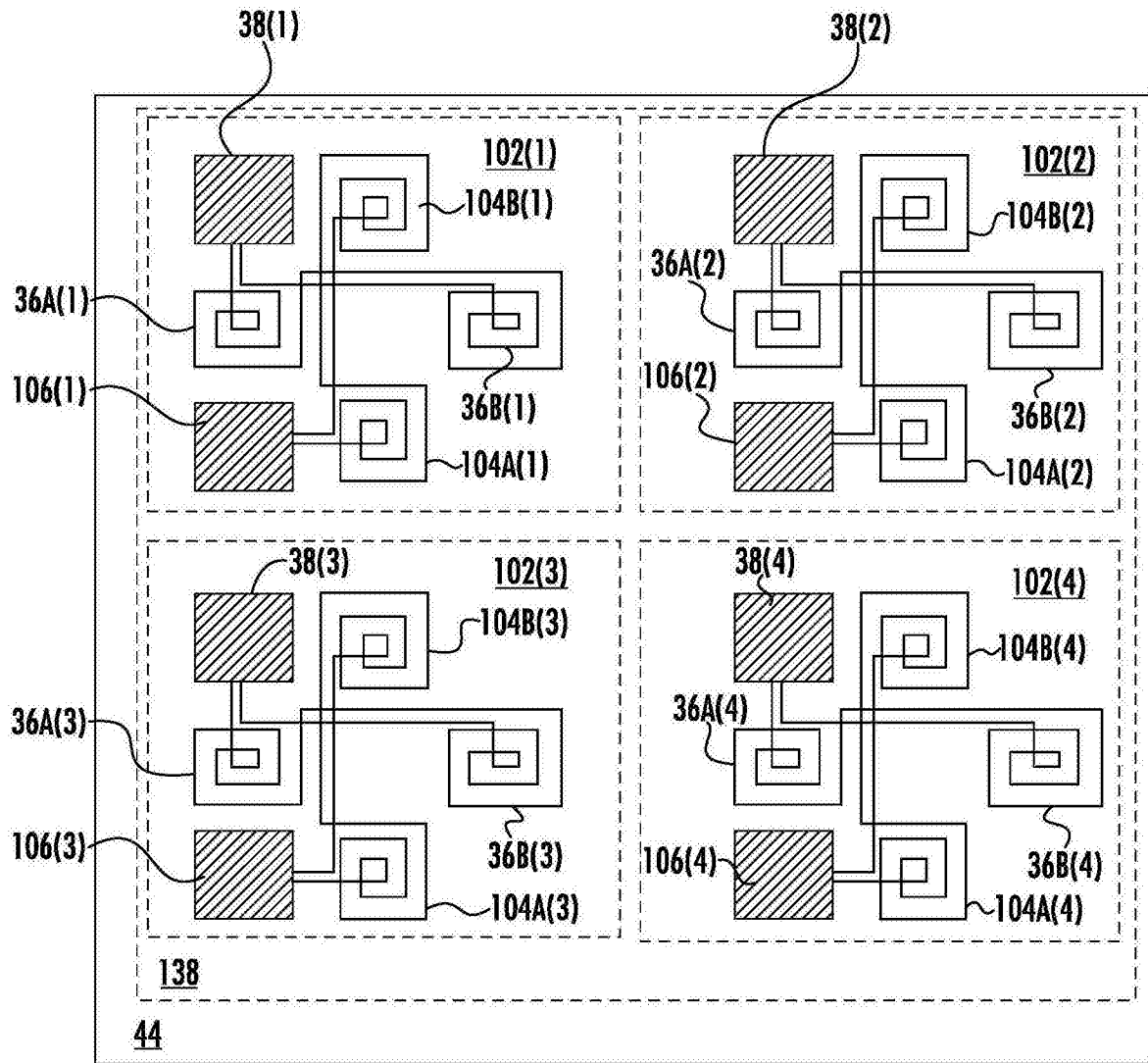


图13

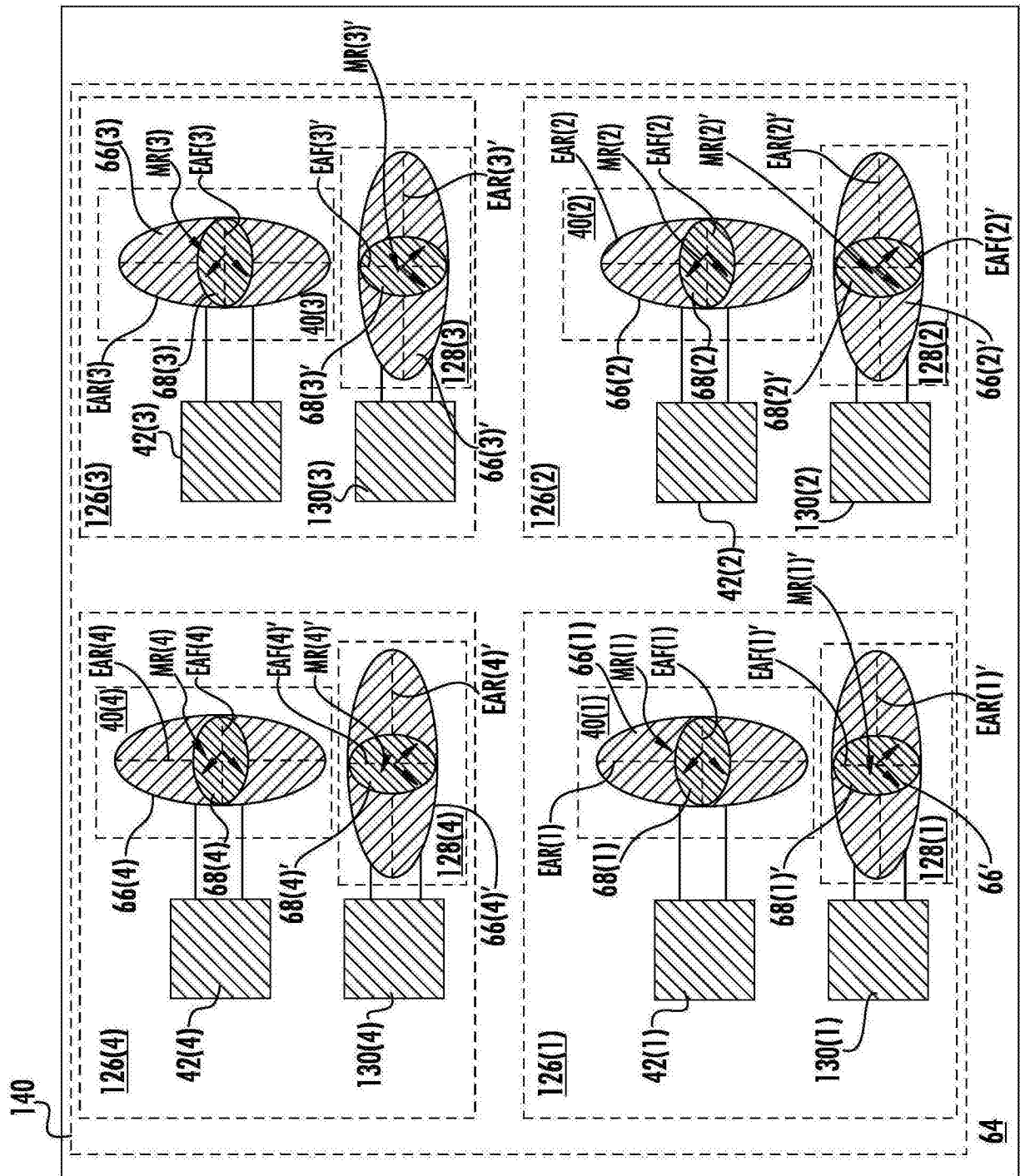


图14

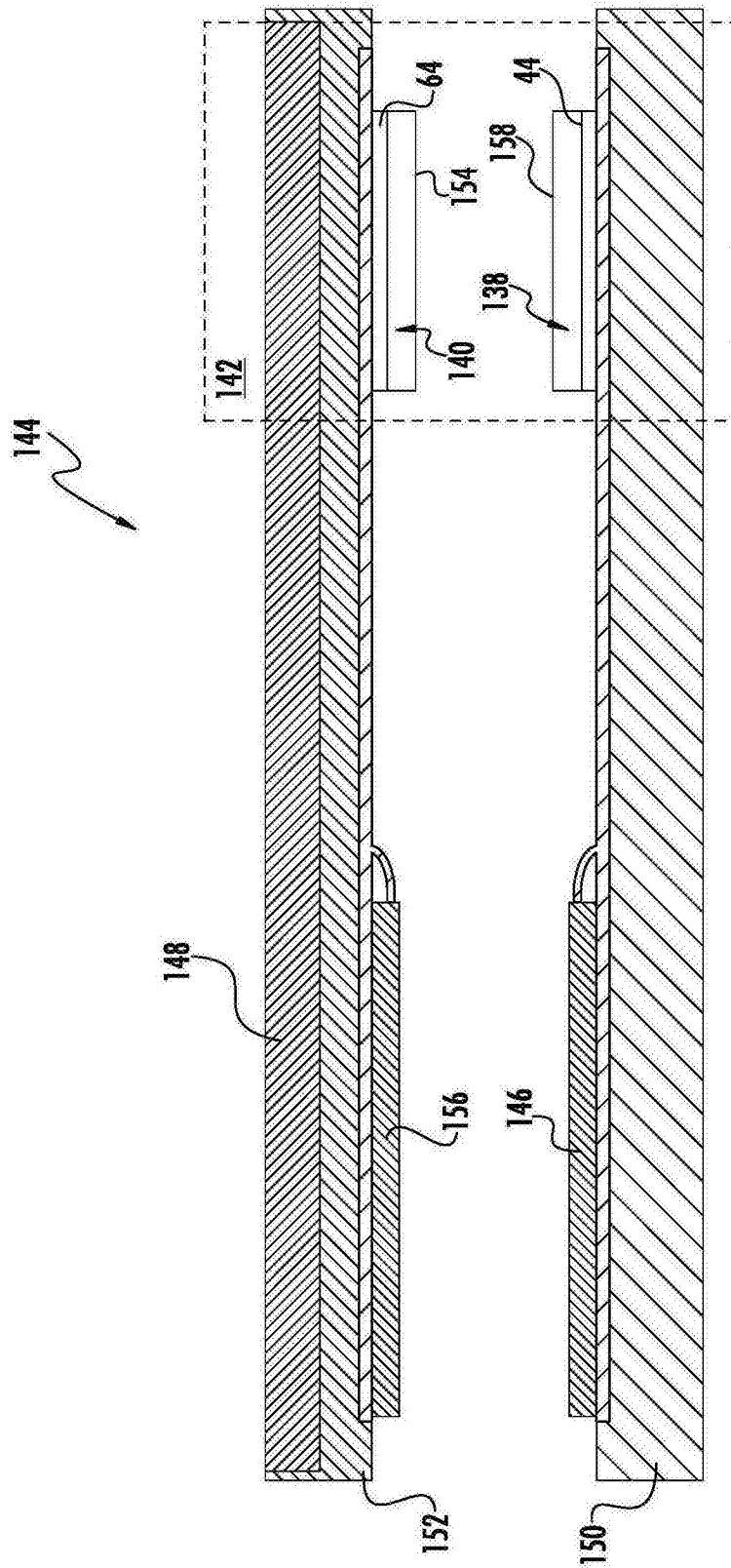


图15

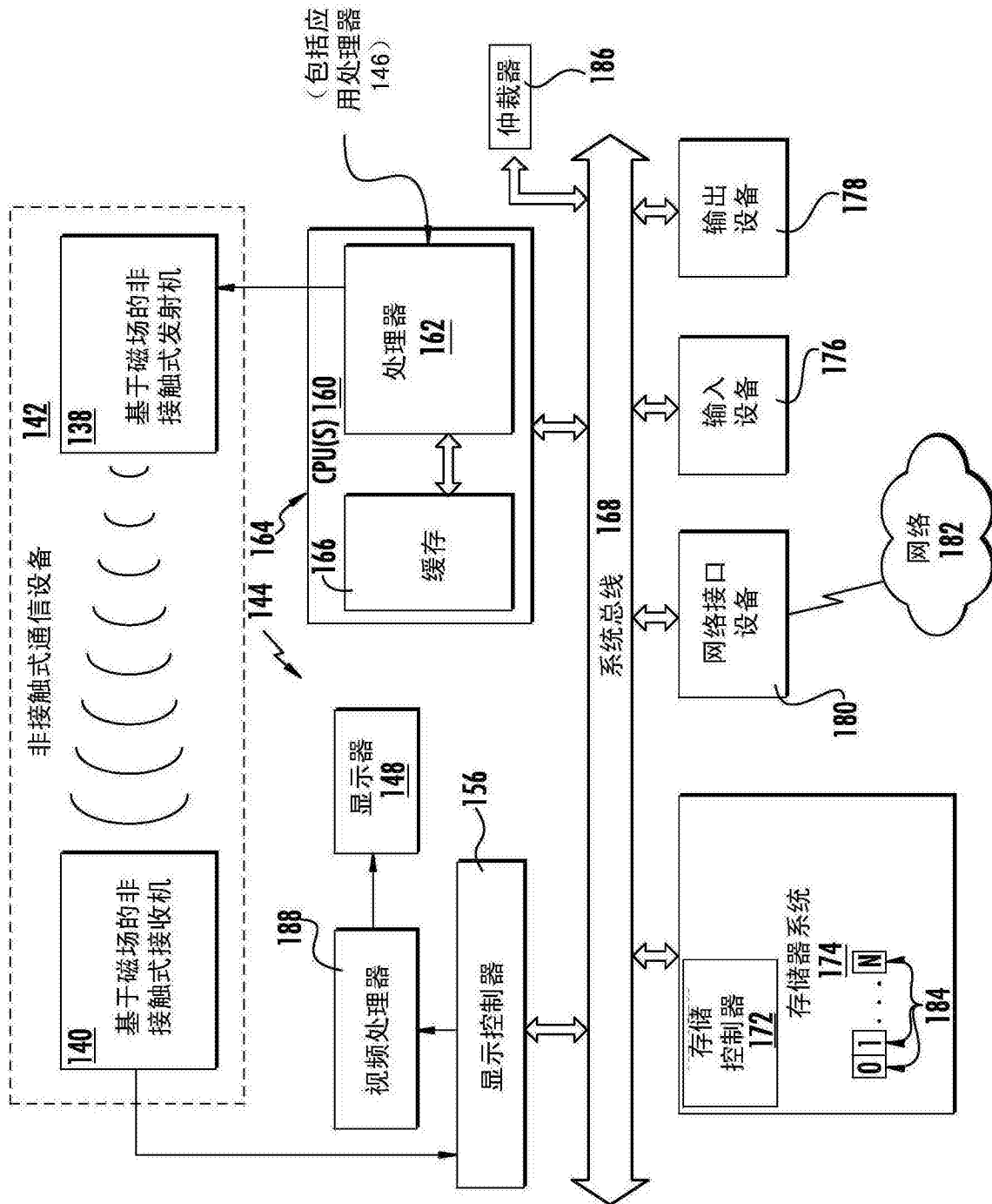


图16