

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

G11C 11/15

H01L 27/00



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00135254.7

[45] 授权公告日 2005 年 5 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 1200430C

[22] 申请日 2000.12.12 [21] 申请号 00135254.7

[30] 优先权

[32] 1999.12.13 [33] US [31] 09/460,056

[71] 专利权人 自由度半导体公司

地址 美国得克萨斯

[72] 发明人 赛德·特兰尼 晶·史

审查员 丁文勃

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利  
商标事务所

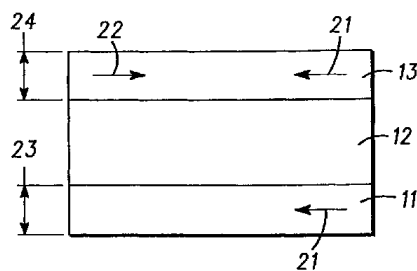
代理人 王以平

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称 具有集成的半导体器件的 MRAM

[57] 摘要

一种磁存储单元(10)具有位于第一铁磁层(11)与第二铁磁层(13)之间的半导体层(12)，形成 p-n 结或肖特基结。抗磁性层(34)位于第二铁磁层与数字线(35)之间，用于钉扎第二铁磁层内的磁矢量。在第二个实施例中，栅接点(37)隔开半导体材料层，用于控制通过半导体层的电子流。



10

ISSN 1008-4274

1. 一种磁存储单元 (30), 其特征在于:

第一铁磁层 (11);

第二铁磁层 (13);

位于第一与第二铁磁层之间的半导体层 (12), 该半导体层的特征为既作为用于产生磁阻信号的电荷传输层, 又以第一和第二铁磁层中的至少一个来形成 p-n 结, 其中该磁存储单元既可以充当一个存储单元又可以充当一个二极管。

2. 根据权利要求 1 的磁存储单元, 其中, 半导体层与第一与第二铁磁层中的至少一个形成肖特基结。

3. 根据权利要求 1 的磁存储单元, 其特征还在于:

数字线 (35) 电连接于第一铁磁层; 以及

位线 (36) 电连接于第二铁磁层。

4. 根据权利要求 3 的磁存储单元, 其特征还在于位于第一铁磁层与数字线之间的磁性层 (34), 用于钉扎第一铁磁层内的磁矢量。

5. 根据权利要求 1 的磁存储单元, 其特征还在于一个隔开半导体材料层的栅接点 (37), 用于控制通过半导体层的电子流。

6. 根据权利要求 5 的磁存储单元, 其特征还在于:

数字线 (35) 电连接于第一铁磁层; 以及

位线 (36) 电连接于第二铁磁层。

7. 根据权利要求 6 的磁存储单元, 其特征还在于位于第一铁磁层与数字线之间的磁性层 (34), 用于钉扎第一铁磁层内的磁矢量。

8. 一种磁存储器, 包括:

第一导电部分;

第一铁磁材料层 (11), 与第一导电部分电接触;

第二铁磁材料层 (13);

半导体材料层 (12), 位于第一与第二铁磁材料层之间, 它以第一和第二铁磁材料层中的至少一个来形成 p-n 结;

第二导电部分，与第二铁磁材料层电接触，其中，第一铁磁材料层，半导体材料层，以及第二铁磁材料层形成一个磁存储单元，该磁存储单元既可以充当一个存储单元又可以充当一个二极管，第一与第二导电部分形成传感线；以及

导电数字线(35)，位于靠近磁存储单元以便提供磁场，当数字线被激发时，至少部分地将第一与第二铁磁材料层中的一个之上的磁矢量从沿该层长度的第一个方向转换到沿该层长度相反的第二个方向。

9. 根据权利要求8的磁存储器，还包括隔开半导体材料层的栅区(37)，用于控制第一与第二铁磁材料层之间的以及通过半导体材料层的电子流。

## 具有集成的半导体器件的 MRAM

### 技术领域

本发明总体上涉及存储器单元，更具体地说，涉及磁随机存取存储器单元（MRAM）。

### 背景技术

已经使用各种磁性材料和结构来形成用于非易失性存储单元、传感器、磁盘驱动的读/写磁头，以及其他磁类应用的磁阻材料。一种现有磁阻元件利用具有被导体层隔开的两个磁性层的磁阻材料。两个磁性层的磁化矢量在没有任何磁场下通常彼此反向平行。两层中的一层的磁化矢量指向一个方向，而另一层的磁化矢量总指向相反方向。该磁性材料的磁特性通常要求宽度大于 1 微米以便保持磁化矢量方向沿着单元的宽度方向。大宽度的要求限制了使用该材料的存储器的密度。另外，读取该存储器状态通常需要两步读操作，导致非常长的读周期。两步读操作还需要额外的电路以确定存储器状态，因而增加了该存储器成本。该磁性材料与存储器的实例公开于 1988 年 10 月 25 日颁发给 Daughton 等人的美国专利 4780848 中。

另一种现有材料利用多层巨磁阻材料（GMR），并且利用亚微米宽度，以便增加密度。在此结构中，两个磁性层同样由一个导体层隔开，并且磁化矢量平行于磁性材料的长度方向。在一个实施例中，一个磁性材料层的磁化矢量总保持一个方向，而第二个磁性材料层的磁化矢量在与第一个磁化矢量平行与反平行之间转换。

在上述两种材料中，具有特定“自旋”（磁化矢量指向一个特定方向）的电子通过两个磁性层和一个导体隔离层的叠层在平面内传导。如果两个磁性层的自旋相同，则电子以低散射移动通过叠层，导致低电阻。如果一个磁性层的自旋与另一个磁性层的相反，则给定自旋的

电子不能容易地移动到另一个磁性层。这导致增大电子散射，并因而测得较高电阻。

为确定利用这些材料的存储器单元的逻辑状态，存储器单元具有基准单元和有效单元。基准单元总提供对应一种状态的电压（或者总是“1”或者总是“0”）。基准单元的输出与有效单元的输出进行比较以便确定存储器单元的状态。对有效与基准单元的要求降低了使用该元件的存储器的密度。这类磁性材料和存储器的实例公开于1994年8月30日颁发给Kung等人的美国专利5343422中。

还有另一种现有材料使用亚微米宽的多层磁阻材料，它包括两个磁性层，但替以绝缘隔离层隔开（即公知的隧道结）。在一个实施例中，一个磁性层的磁化矢量总保持一个方向，而第二个磁性层的磁化矢量在与第一个矢量平行与反平行（平行但反向）之间转换。

在此隧道结中，电子具有特定的“自旋”（磁化矢量指向一个特定方向），从一个磁性层穿过绝缘隔离层到另一个磁性层。如果接收磁性层的自旋与电子的相同，则电子容易穿到磁性层，因而测得低电阻。如果接收磁性层的自旋与电子的相反，则电子不容易穿到第二磁性层，因而测得高电阻。

为了确定利用该材料的存储器单元的逻辑状态，要检测两种可能状态间的电阻差异。该类磁性材料和存储器的实例公开于1998年3月31日颁发给Zhu等人的美国专利5734605中。

磁随机存取存储器（MRAM）为非易失性存储器，基本上包括这些材料中的一种，以及可以是连接于感应线、字线的三极管或二极管的有源器件。MRAM利用磁阻效应储存存储器状态。当磁场施加于该材料超过一定阈值，一个或所有的该材料磁性层中的磁矢量非常迅速地从一个方向转换到相反方向。根据材料中磁矢量的方向存储状态，例如，一个方向可确定为逻辑值“0”，而另一个方向可确定为逻辑值“1”。该材料保留这些状态甚至不需施加磁场。由于两个磁性状态的电阻之间的差异，在感应线中让电流流过存储单元，该材料的状态即可读出。这种磁性材料和存储器的实例公开于1998年11月17日颁发

给 Zhu 等人的美国专利 5838608 中。

上述每种存储器单元需要二极管或三极管以控制流过元件的电流。二极管或三极管串联连接于材料，例如，漏极，栅极，源极，磁性层，导体（或绝缘）层和磁性层。用于每一个存储器单元的这种三极管增加存储器成本，并降低了芯片的密度。这种电路布置的实例公开于 1998 年 3 月 31 日颁发给 Zhu 等人的美国专利 5734605 中。

此外，在基于导电隔离层的存储元件中，元件电阻主要由导电隔离层的电阻控制，该电阻很小。在绝缘隔离层情况下，元件电阻依指数规律依赖于绝缘隔离层厚度，该厚度较高，且难于一致性和重复性地控制。电阻还反比于磁性单元的尺寸（面积），为更高的存储器密度而减小存储单元尺寸时电阻增加。

### 发明内容

本发明克服了上述现有技术的不足。

根据本发明的一个方面，提供一种磁存储单元（30），其特征在于：第一铁磁层（11）；第二铁磁层（13）；位于第一与第二铁磁层之间的半导体层（12），该半导体层的特征为既作为用于产生磁阻信号的电荷传输层，又以第一和第二铁磁层中的至少一个来形成 p-n 结，其中该存储单元既可以充当一个存储单元又可以充当一个二极管。

根据本发明的上述磁存储单元，其中，半导体层与第一与第二铁磁层中的至少一个形成肖特基结。

根据本发明的上述磁存储单元，其特征还在于：数字线（35）电连接于第一铁磁层；以及位线（36）电连接于第二铁磁层。

根据本发明的上述磁存储单元，其特征还在于位于第一铁磁层与数字线之间的磁性层（34），用于钉扎第一铁磁层内的磁矢量。

根据本发明的上述磁存储单元，其特征还在于一个隔开半导体材料层的栅接点（37），用于控制通过半导体层的电子流。

根据本发明的另一方面，提供一种磁存储器，包括：第一导电部分；第一铁磁材料层（11），与第一导电部分电接触；第二铁磁材料层

(13); 半导体材料层(12), 位于第一与第二铁磁材料层之间, 它以第一和第二铁磁材料层中的至少一个来形成 p-n 结, 其中该存储单元既可以充当一个存储单元又可以充当一个二极管; 第二导电部分, 与第二铁磁材料层电接触, 其中, 第一铁磁材料层, 半导体材料层, 以及第二铁磁材料层形成一个磁存储单元, 第一与第二导电部分形成传感线; 以及导电数字线(35), 位于靠近磁存储单元以便提供磁场, 当数字线被激发时, 至少部分地将第一与第二铁磁材料层中的一个之上的磁矢量从沿该层长度的第一个方向转换到沿该层长度的第二个基本相反的方向。

根据本发明的上述磁存储器, 还包括隔开半导体材料层的栅区(37), 用于控制第一与第二铁磁材料层之间的以及通过半导体材料层的电子流。

#### 附图说明

图 1 为根据本发明的多层磁存储器单元的简化侧视图;

图 2 为图 1 所示的多层磁存储器单元的简化分解图;

图 3 为包括图 1 的多层磁存储器单元的简化剖视图;

图 4 示意表示图 3 中的存储单元的阵列。

图 5 示意性地表示了类似图 3 所示存储单元的阵列的另一个实施例。

#### 具体实施方式

参见图 1, 根据本发明的存储器单元包括磁性存储单元 10, 它具有第一铁磁层 11 和第二铁磁层 13, 它们由半导体层 12 隔开。第一和第二铁磁层 11 和 13 的每一个例如可以是单一的铁磁材料层, 诸如镍、铁、钴或其合金。作为另一个实例, 铁磁层 11 和 13 可以是合金铁磁材料, 诸如一层镍-铁-钴覆盖一层钴-铁, 或者为三层结构, 包括钴-铁层和镍-铁-钴层和钴-铁层, 相邻层交界处为钴-铁。

作为另一实例, 铁磁层 11 和 13 之一可以与一个锰基材料反铁磁

性层交互钉扎，如铁-锰，镍-锰，铂锰，铌锰或类似钉扎材料。

适合于半导体层 12 的材料，例如包括，大多数半导体材料，诸如锗、硅或砷化镓。第一和第二铁磁层 11 和 13 通常包括不同材料和/或不同厚度或被交互钉扎的材料，由此提供依赖于磁性状态的明显的电阻变化。

尽管所示实例含有两个铁磁层，应当理解磁性单元 10 可以有附加层叠加在顶部形成多层单元。例如，另一个半导体层（未示出）可以安置在第二铁磁层 13 的上面，还有第三铁磁层（未示出）安置在第二半导体层上面。

还应当理解，可以有另一种材料的交界层位于铁磁层与半导体层之间，以增强电子由铁磁层向半导体层的注入和射出。

参见图 2，示意了单元 10 的放大分解图。与图 1 相同标号的图 2 部分对应图 1 的相同元件。在较佳实施例中，铁磁层 11 和 13 为矩形，并使易磁化轴沿长度 27 而不是宽度 26 而形成。铁磁层 11 和 13 的每一个具有基本上沿着长度 27 安置的磁化矢量 21，即基本上平行于长度 27。此外，宽度 26 形成为小于层 11 和 13 内的磁畴壁宽度或过渡宽度，由此，矢量 21 不能平行于宽度 26。典型地，这样的限制导致宽度小于 1.0 至 1.2 微米。在较佳实施例中，宽度 26 小于 1 微米并根据制造技术做得尽可能小，而长度 27 大于宽度 26，通常为 5 至 6 倍。

如图 1 所示，铁磁层 11 和 13 中的矢量 21 和 22 表示单元 10 中两种不同的磁化状态。在此实施例中，铁磁层 11 中的磁矢量 21 被一个磁性层（后面描述）“钉住”于一个方向上。另一个实施例中包括的铁磁层 11 具有两个矢量 21 和 22。应当理解，它们是同一个矢量，给出不同的标号只是表示不同的状态。一种状态涉及逻辑“0”，另一种状态为逻辑“1”。本领域技术人员将能理解可以将任何逻辑定义分配给任何状态，在此实施例中，当图 1 中铁磁层 11 和 13 的矢量 21 都指向左边，单元 10 处于逻辑“0”状态，当铁磁层 13 中的矢量 22 朝相反方向，单元 10 处于逻辑“1”状态。于是，对于第一状态，层 11 和 13 中的磁化矢量都指向第一方向，对于第二状态，层 11 和 13 中的磁

化矢量指向相反状态。当特定磁场应用在单元 10 上时磁矢量指向相反方向（反平行），现在详细解释。

对单元 10 可以设计成铁磁层 11 和 13 中的一个比另一个更薄，使得比起转换较厚层的磁化矢量所需磁场更小的磁场可以转换较薄层的磁化矢量。达此目的的另一方法为用需要更高的磁场来转换磁化矢量的磁性材料形成一个层。

在铁磁层 11 和 13 之间提供半导体层 12，以产生了一个介质，允许电流（电子漂移）从铁磁层 11 向铁磁层 13（或反之）垂直通过半导体层 12。例如，在此结构中，根据铁磁层 11 的极化状态，具有给定自旋（上或下）的较大部分电子注入半导体层。当传输通过半导体材料时电子将保持它们的自旋极化，并漂移到另一个铁磁层 13。如果另一个铁磁接触层 13 的极化与注入的铁磁接触层 11 的极化相同，电子将以极小的电阻漂移至铁磁接触层 13。如果另一个铁磁接触层 13 的极化与注入的铁磁接触层 11 的极化相反，一些电子将不能漂移至铁磁接触层 13。因此，单元 10 的电阻较高。当层 11 和 13 的磁化矢量反平行时，单元 10 的电阻保持很高，当铁磁层 11 和 13 的磁化矢量平行时，单元 10 的电阻明显下降。

图 3 为单元 30 的简化剖视图，它类似于联系第一个实施例的图 1 中示意的单元。当然应当理解，为方便起见，图 4 仅示意一个阵列中单一行的单元，该阵列在纸面的上下左右延伸。单元 30 包括第一与第二铁磁层 11 和 13，半导体材料层 12 夹在当中。

在此实施例中，安置反铁磁性层 34 电接触于铁磁层 11，用于钉扎磁矢量 21 于一个特定方向。磁性层 34 可以包括，例如，铁-锰或镍-锰或铂-锰或铱-锰或类似钉扎材料。导电材料的数字线 35 与磁性层 34 电接触。另一个导电材料的位线 36 与磁性层 13 电接触。

栅接点 37 在本发明中为选用性的。没有栅接点 37 时，半导体层 12 充当一个二极管，可以或者是一个肖特基二极管或者是一个 p-n 结二极管。在此情况下，电子电荷的传导取决于施加在接触层 35 与 36 之间的偏置方向。有栅 37 时，半导体层充当一个三极管，电子传导是

通过沟道，且电子电荷由该栅调制。该栅的形成可以如 1999 年 8 月 24 日颁发给 Tehrani 等人的美国专利 No.5943574 中所教导的。

参见图 4，示意了类似单元 30 的一些单元的阵列 40 的实施例，单元 30 排成行与列。为方便仅示意了四个单元 30a 至 30d，但应当理解，可以使用能够实际制造的任意所需数目的单元。示意了四个二极管 41 至 44，每一个与单元 30a-30d 中的一个相关。在此实施例中，单元 30a-30d 与二极管 41-44 的电阻是半导体层 12 中固有的。

继续见图 4，单元 30 具有连接于位线 36 的铁磁层 13，和铁磁层 11，该铁磁层 11 通过铁磁层 34 连接于数字线 35。由此，通过选择位线 36 与数字线 35，唯一地对单元 30 寻址。单元 30 的电阻的任何变化可以通过位线 36 与数字线 35 之间连接的传感装置轻易而快速地感测。半导体层 12 的二极管的作用限制流过单元 30 的电流，并基本阻止在阵列 40 中形成任何其他电流通路。

参件图 5，示意了类似单元 30 的一些单元的阵列 50 的另一个实施例，单元 30 排成行与列。为方便仅示意了四个单元 30e 至 30h，但应当理解，可以使用能够实际制造的任意所需数目的单元。示意了多个三极管 51 至 54，每一个与单元 30e-30h 中的一个相关。在此实施例中，单元 30e-30h 与二极管 51-54 的电阻是半导体层 12 中固有的。对每一个单元 30e-30h，第一铁磁层 11 耦合于位线 36 与相应的三极管 51-54 之间，第二铁磁层 13 耦合于数字线 35 与相应的三极管 51-54 之间。三极管 51 至 54 的栅例如包括多晶硅材料。三极管 51 至 54 的每一个栅充当用于选择特定的读取单元（位）的开关。存储单元内包含二极管与三极管的这种布置将能够允许比现有技术更高的密度。

如上所示，有源器件集成进存储元件中。这导致存储元件更简单，降低存储器成本，以及增加芯片密度。

此外，元件的电阻通过半导体隔离层的厚度和/或掺杂可以容易地控制。这导致电阻的良好控制以便取得高成品率、低成本的存储器。此外，可以利用元件的容易控制的电阻来调整元件的电阻以获得高速集成电路。

---

此外，由于电阻由半导体中的掺杂控制，半导体层的厚度不需要很薄，不像在隧道效应中的情况。因此，磁性层之间的 Neel 耦合可以降低，并可获得对称的磁滞回线。

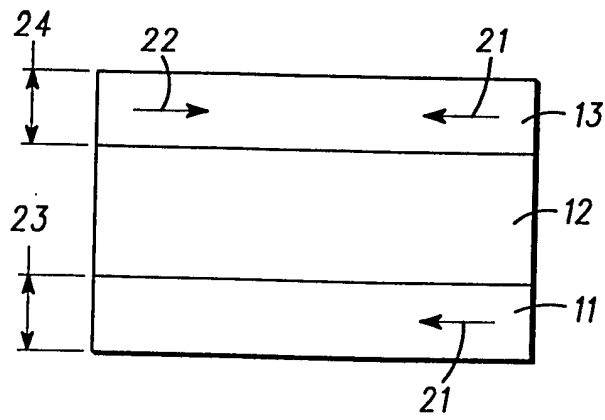


图 1  
10

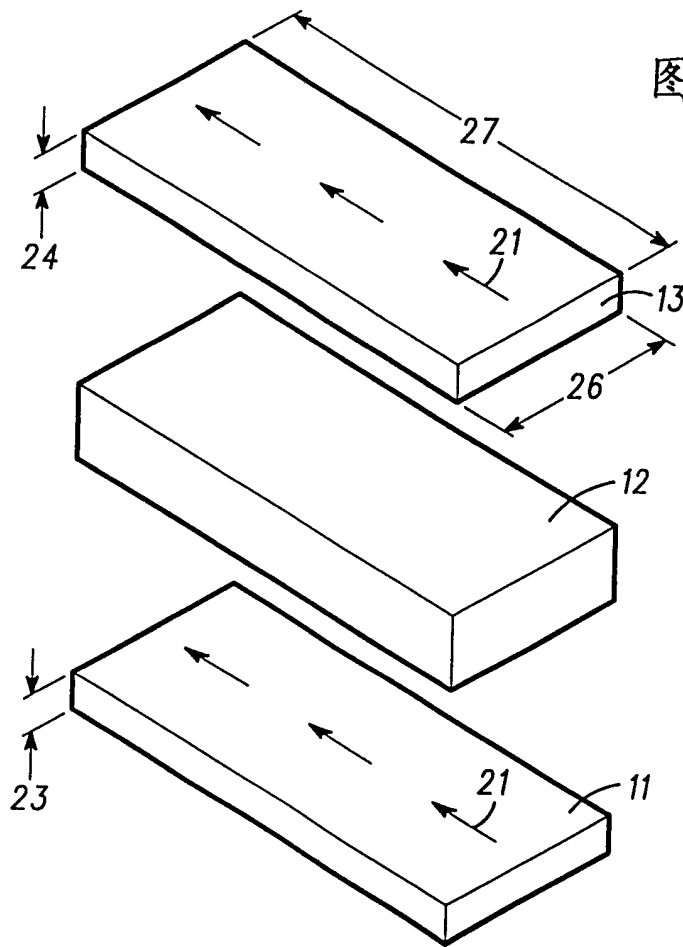


图 2

10

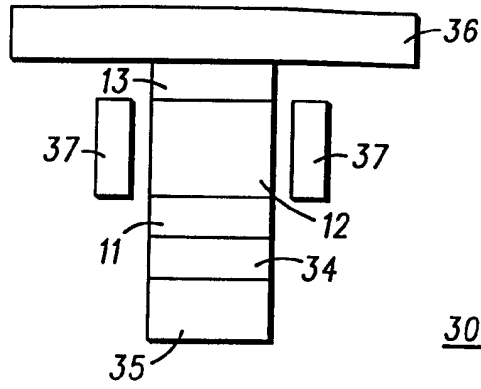
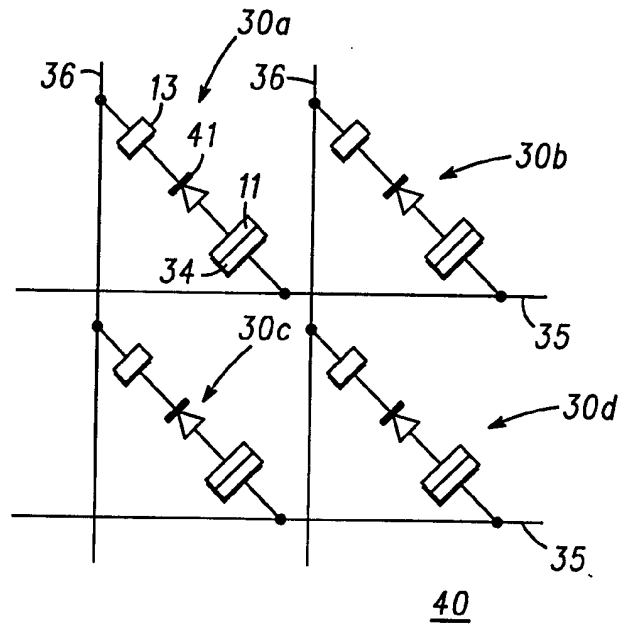


图 3

30

图 4



40

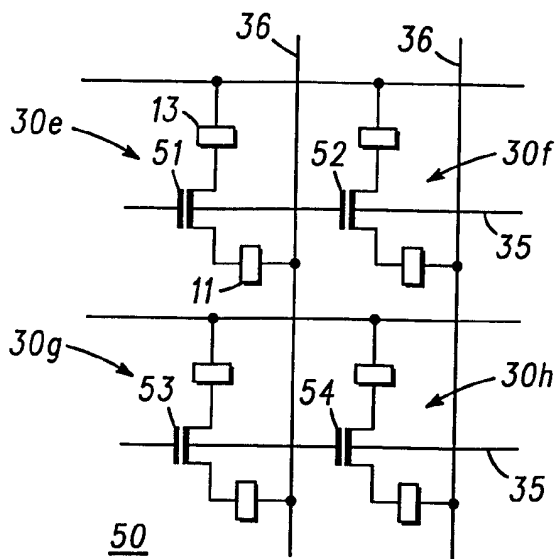


图 5

50