

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 43/00

H01L 43/08 G11C 11/15



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 00131059.3

[45] 授权公告日 2005 年 3 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 1193441C

[22] 申请日 2000. 12. 9 [21] 申请号 00131059. 3

[30] 优先权

[32] 1999. 12. 10 [33] JP [31] 351048/1999

[32] 2000. 2. 23 [33] JP [31] 45447/2000

[32] 2000. 3. 10 [33] JP [31] 65913/2000

[71] 专利权人 夏普公司

地址 日本大阪市

[72] 发明人 南方量二 道嶋正司 林秀和

审查员 徐金红

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

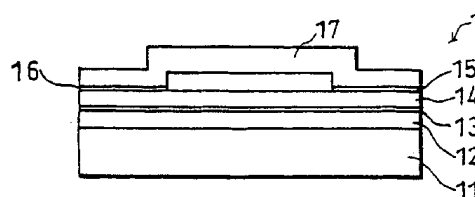
代理人 叶恺东

权利要求书 3 页 说明书 17 页 附图 8 页

[54] 发明名称 磁隧道结器件、使用该器件的磁存储器
和单元及其存取方法

[57] 摘要

在构成为磁隧道结器件的存储层的强磁性层上经金属层间隔中央部地形成闭合磁路层，由上述强磁性层和上述闭合磁路层形成闭环。这样，即使把图案细微化也能够保持稳定的磁化状态。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1.一种磁隧道结器件，至少由第一磁性层、绝缘层和第二磁性层按顺序层叠而成，其特征在于至少包含经金属层间隔中央部地设置在不同于所述第一或第二磁性层的所述绝缘层侧的一侧的第三磁性层（17）；第一或第二磁性层与第三磁性层构成闭合磁路。

2.根据权利要求1的磁隧道结器件，其特征在于在所述第一或第二磁性层与第三磁性层的间隔部设置有至少一条引线。

3.根据权利要求1或2的磁隧道结器件，其特征在于所述金属层的膜厚被设定为所述第一或第二磁性层与第三磁性层反强磁性结合的膜厚。

4.根据权利要求1或2的磁隧道结器件，其特征在于所述金属层分别形成在各端部。

5.根据权利要求1或2的磁隧道结器件，其特征在于所述金属层膜由Ru、Cr、Cu和它们的合金构成的组选择的材料形成。

6.一种磁存储器，使用磁隧道结器件，所述磁隧道结器件至少由第一磁性层、绝缘层和第二磁性层按顺序层叠而成，其特征在于：包含至少在不同于所述第一或第二磁性层的绝缘层侧的一侧，夹着金属层并且将中央部隔离而设置的第三磁性层（17）；由所述第一或第二磁性层与第三磁性层构成闭合磁路。

7.根据权利要求6的磁存储器，其特征在于使用磁隧道结器件，所述磁隧道结器件在所述第一或第二磁性层与第三磁性层的间隔部设置有至少一条引线。

8.一种磁隧道结器件，至少由第一磁性层、第一绝缘层、第二磁性层、第二绝缘层和第三磁性层按顺序层叠而成，其特征在于：包含在所述第二磁性层的第二绝缘层侧，夹着金属层并且将中央部隔离而设置的第四磁性层（36）；由所述第二和第四磁性层构成闭合磁路。

9.根据权利要求8的磁隧道结器件，其特征在于还包含与所述第一磁性层交换结合的第一反强磁性层（31）、与所述第三磁性层交换结合的第二反强磁性层（39）。

10.根据权利要求9的磁隧道结器件，其特征在于所述第一反强磁性层与所述第一磁性层的交换结合消失温度和所述第二反强磁性层与所述第三磁性层的交换结合消失温度不同。

11.根据权利要求9或10的磁隧道结器件,其特征在于经第二金属层(42b)反强磁性结合的两层以上的强磁性层(42a、42c)构成所述第一磁性层(42)或第三磁性层(48)的任一个。

12.根据权利要求8至10中任一项的磁隧道结器件,其特征在于在所述第5 二磁性层与第四磁性层的间隔部设置有至少一条引线。

13.根据权利要求8至10中任一项的磁隧道结器件,其特征在于所述金属层的膜厚被设定为所述第二磁性层与第四磁性层反强磁性结合的膜厚。

14.根据权利要求9或10的磁隧道结器件,其特征在于所述第一磁性层和第一反强磁性层的磁化与第三磁性层与第二反强磁性层的磁化各自交换结合,10 并被固定为相互反方向。

15.根据权利要求9或10的磁隧道结器件,其特征在于所述第一磁性层和所述第三磁性层的各磁性层的层数相差一层。

16.根据权利要求15的磁隧道结器件,其特征在于所述第三磁性层是单层,所述第一磁性层由夹着第二金属层以反强磁性结合的第一强磁性层和第二强磁性层构成;所述第一强磁性层的磁化方向被固定于所述第三磁性层的磁化方向15 上。

17.根据权利要求8或9的磁隧道结器件,其特征在于所述金属层膜由Ru、Cr、Cu和它们的合金构成的组选择的材料形成。

18.一种磁存储器,使用磁隧道结器件,所述磁隧道结器件,至少由第一20 磁性层、第一绝缘层、第二磁性层、第二绝缘层和第三磁性层按顺序层叠而成,其特征在于:包含至少在所述第二磁性层的所述第一绝缘层侧或第二绝缘层侧的某一侧,夹着金属层并且将中央部隔离而设置的第四磁性层;由所述第二和第四磁性层构成闭合磁路。

19.一种磁存储单元的存取方法,包含如下步骤:

25 形成设置在保持磁存储单元的记忆的磁性层上的闭合磁路层;

在所述磁性层和闭合磁路层构成的闭合磁路内配置第一电流线(52),在该闭合磁路外配置第二电流线(53);

使上述闭合磁路层的磁化翻转而使该磁性层的磁化不翻转的电流流入所述第一电流线,使该磁性层的磁化不翻转,而与上述第一电流线的合成磁场使该30 磁性层的磁化翻转的电流单独地流入所述第二电流线,由此来改变该磁性层的磁化方向。

20.一种磁存储单元，其特征在于，使用如下的磁存储单元的存取方法：

在保持磁存储单元的记忆的磁性层上形成闭合磁路层；

在所述磁性层和闭合磁路层构成的闭合磁路内配置第一电流线，在该闭合磁路外配置第二电流线；

- 5 使上述闭合磁路层的磁化翻转而使该磁性层的磁化不翻转的电流流入所述第一电流线，使该磁性层的磁化不翻转，而与上述第一电流线的合成磁场使该磁性层的磁化翻转的电流单独地流入所述第二电流线，由此来改变该磁性层的磁化方向；

- 所述磁存储单元由至少以第一磁性层、绝缘层和第二磁性层按顺序层叠而
10 成的磁隧道结器件构成，且在不同于所述第一或第二磁性层的绝缘层侧的一侧经金属层间隔中央部地设置有所述闭合磁路层；

 第一或第二磁性层与闭合磁路层构成闭合磁路。

21.根据权利要求 20 的磁存储单元，其特征在于所述闭合磁路层由比形成该闭合磁路层和闭合磁路的第一磁性层或第二磁性层保持力更小的材料构成。

- 15 22.根据权利要求 20 的磁存储单元，其特征在于所述金属层的膜厚被设定得使所述闭合磁路层，和将该闭合磁路层并同时地构成闭合磁路的第一磁性层或第二磁性层反强磁性结合。

磁隧道结器件、使用该器件的 磁存储器和单元及其存取方法

5

技术领域

本发明涉及磁隧道结器件、使用磁隧道结器件的磁存储器和磁存储单元及其存取方法。

背景技术

10 近年来,与原来的各向异性磁阻效应(AMR)器件和巨大磁阻效应(GMR)器件相比,磁隧道结(MTJ)器件能够得到大的输出的事实已为人所知。因此,已经考虑把磁隧道结(MTJ)器件应用于 HDD(硬盘驱动器)用的重放磁头或磁存储器。

特别是,在磁存储器中,虽然磁隧道结器件是与半导体存储器相同的无源
15 固体存储器,但是,即使电源中断,也不会丢失信息,而且重复次数没有限制,即使放射线进行照射也不存在记录内容消失的危险性等,因此,与半导体存储器相比更加有用。

原来的 MTJ 器件的构成表示在图 11 上,这样的构成已经展示于例如日本公开专利 JP-A-9-106514 公报(公开日:4/22/1997)。

20 图 11 的 MTJ 器件 104 由反强磁性层 141、强磁性层 142、绝缘层 143 和强磁性层 144 层叠而成。这里,强磁性层 142 和强磁性层 144 的磁化都在膜面内,并且具有平行或反平行的实际有效的单轴磁各向异性。强磁性层 142 的磁化实质上从与反强磁性层 141 的交换结合开始固定于一个方向,按照强磁性层 144 的磁化的方向保持记录。

25 采用 FeMn、NiMn、PtMn、IrMn 等合金作为反强磁性层 141,采用 Fe、Co、Ni 或它们的合金作为强磁性层 142 和强磁性层 144。虽然研讨了使用各种氧化物或氮化物作为绝缘层 143,但是已经知道使用 Al_2O_3 膜的情况下,能够得到最高的磁阻(MR)比。

另外,也已经提出了用除去反强磁性层 141 的构成而利用强磁性层 142 和
30 强磁性层 144 的保持力差的 MTJ 器件的方案。

把上述图 11 的构造的 MTJ 器件 104 使用于磁存储器的情况的动作原理表示于图 12 (a) 和图 12 (b) 上。

如上所述, 强磁性层 142 和强磁性层 144 的磁化都在膜面内, 并且具有平行或反平行的实际有效的单轴磁各向异性。强磁性层 142 的磁化实质上从与反强磁性层 141 的交换结合开始固定于一个方向, 按照强磁性层 144 的磁化的方向保持记录。

按构成该存储层的强磁性层 144 的磁化与强磁性层 142 的磁化平行或反平行来检测出 MTJ 器件 104 的阻抗差别, 由此来进行读出。利用配置在 MTJ 器件 104 附近的电流线产生的磁场来改变强磁性层 144 的磁化方向, 由此来进行写入。

把图 11 所示的构成的 MTJ 器件用于可随机存取的磁存储器的情况的概略构成表示于图 13 上。晶体管 151 具有读出时选择 MTJ 器件 152 的作用。按照图 11 所示的 MTJ 器件的方向来记录信息“0”、“1”, 强磁性层 142 的磁化方向被固定。而且, 强磁性层 142 与强磁性层 144 的磁化平行时, 阻抗值低, 反平行时, 阻抗值高, 利用这种磁阻效应来读出信息。另一方面, 用比特线 153 和字线 154 形成的合成磁场来翻转强磁性层 144 的磁化方向, 由此来实现写入。标号 155 表示屏极线。

可是, 因为在上述构成的 MTJ 器件中强磁性层 142 与强磁性层 144 的磁化是面内方向, 所以磁极产生在两端部。但是, 当为了磁存储器实现的高密度化而使 MTJ 器件 104 微细化了的情况下, 随着器件的细微化, 两端部磁极产生的反磁场影响就变大。

因为对于强磁性层 142 来说是与反强磁性层 141 交换结合, 所以上述的反磁场的影响少, 如美国专利 US5841692 所示的那样, 由反强磁性结合的两个强磁性层构成强磁性层 142, 这样就能够使端部产生的磁极实质上为零。

但是, 因为对于构成存储层的强磁性层 144 不能采取同样的方法, 所以, 与图案的细微化有关, 由于端部磁极的影响磁化就不稳定, 记录的保持就很困难。

因此, 考虑把构成存储层的强磁性层 144 作为闭合磁路来减低端部磁极的影响。这时, 如果使比特线和字线都通过该闭合磁路内, 那么, 在写入时就能够有效地把强磁性层 144 的磁化翻转, 但是, 因为比特线和字线在 MTJ 器件

内沿同样的方向配置，所以，就很难作成为图 13 所示的那种简单的正交排列。这种闭合磁路结构的例子可见于日本公开专利 JP-A-10-302456 号公报（公开日：1998/11/13）等，但是并未公开这时磁存储单元的最佳的存取方法。

考虑上述的磁头和磁存储器的应用的情况下，高阻抗变化率就很重要，对于这样的要求，从材料的观点来看，限制了阻抗变化率的改善，所以试图由膜的构成来提高阻抗变化率。例如：按照日本公开专利 JP-A-11-163436 号公报（公开日：6/18/1999），把多个 MTJ 器件层叠起来，实现高阻抗变化率。

图 14 表示出了日本公开专利 JP-A-11-163436 号公报所示的 MTJ 器件的构成。图 14 的 MTJ 器件由第一强磁性层 161、第一绝缘层 162、第二强磁性层 163、第二绝缘层 164 和第三强磁性层 165 层叠起来构成，而且，上述构成的 MTJ 器件虽然主要目的是应用于磁头，但是，也可以应用于磁存储器。

在把图 14 构成的 MTJ 器件用于磁存储器的情况下，强磁性层 161、强磁性层 163 和强磁性层 165 的磁化都在膜面内，也可以具有平行或反平行的实际有效的单轴磁各向异性。

与反强磁性层的交换结合，实质上就把强磁性层 161 和强磁性层 165 的磁化固定于一个方向上，并沿强磁性层 163 的磁化方向来保持记录。构成存储层的强磁性层 163 的磁化平行或反平行于其他强磁性层 161、165，通过检测出 MTJ 器件的阻抗的不同，来进行读出。按照图 14 所示的构成由于两个磁隧道结合部串联连接，所以，与具有单个磁隧道结合部的原来的 MTJ 器件相比，能够得到大约两倍的输出。

利用 MTJ 器件附近配置的电流线产生磁场改变强磁性层 163 的磁化方向来实现写入。

即使在上述构成的 MTJ 器件中，由于强磁性层 161、强磁性层 163 和强磁性层 165 的磁化都在膜面内方向，所以，两端部也会产生磁极。使磁存储器高密度化有必要把 MTJ 器件细微化，但是，随着器件的细微化，两端部引起的磁极的影响就会变大。

在强磁性层 161 和强磁性层 165 与反强磁性层交换结合的情况下，上述的反磁场的影响小，而且，因为由反强磁性结合的两个强磁性层构成强磁性层 161 和强磁性层 165，所以实质上能够使端部产生的磁极为零。

但是，因为对于构成存储层的反强磁性层 163 不能采取同样的方法，所以，

与图案的细微化有关，由于端部磁极的影响磁化就不稳定，记录的保持就很困难。

发明内容

5 本发明的目的是提供即使图案细微化也能够稳定存在记录在存储层内的磁化状态的磁隧道结器件及使用该器件的磁存储器。

本发明的其他目的是提供即使把闭合磁路导入构成存储层的强磁性层也不会降低磁存储器的单元密度的磁存储器的存取方法。

为了实现上述目的，本发明的磁隧道结器件至少由第一磁性层、绝缘层和第二磁性层按顺序层叠而成，其特征在于至少在不同于所述第一或第二磁性层的所述绝缘层侧的一侧经金属层的同时，设置作为间隔中央部的闭合磁路的第三磁性层，并由第一或第二磁性层与第三磁性层构成闭合磁路。

按照上述的构成，因为第一或第二强磁性层与第三强磁性层的磁化构成闭环，所以能够防止端部产生磁极。这样，按照上述构成的磁隧道结器件由于能够避免端部磁极的影响，所以即使图案细微化，也能够保持稳定的磁化状态。

15 由于构成存储层的强磁性层采取闭合磁路结构，所以对于外部泄漏磁场变得稳定。另外，本发明的 MTJ 器件能够降低磁存储器的耗电。

为了实现上述目的，本发明的磁存储器使用磁隧道结器件，所述磁隧道结器件至少由第一磁性层、绝缘层和第二磁性层按顺序层叠而成，其特征在于至少在不同于所述第一或第二磁性层的所述绝缘层层叠侧的一侧经金属层的同时，包含间隔中央部而设置的第三磁性层，并由第一或第二磁性层与第三磁性层形成闭合磁路。

按照上述的构成，因为第一或第二强磁性层与第三强磁性层的磁化构成闭环，所以能够防止端部产生磁极。这样，按照上述构成的 MTJ 器件由于能够避免端部磁极的影响，所以即使图案细微化，也能够保持稳定的磁化状态。由于构成存储层的强磁性层采取闭合磁路结构，所以对于外部泄漏磁场变得稳定。另外，能够降低使用上述 MTJ 器件的磁存储器的耗电。

25 为了实现上述目的，本发明的其他磁隧道结器件至少由第一磁性层、第一绝缘层、第二磁性层、第二绝缘层和第三磁性层按顺序层叠而成，其特征在于包含在所述第二磁性层的第二绝缘层侧夹着金属层的同时，间隔中央部而设置第四磁性层，并由所述第二磁性层和所述第四磁性层构成闭合磁路。

按照上述的构成，能够得到高的阻抗变化率，并能够降低端部磁极的影响。因此，即使图案细微化，也能够保持稳定的磁化状态。由于构成存储层的强磁性层采取闭合磁路结构，所以对于外部泄漏磁场变得稳定。

为了实现上述目的，本发明的其他磁存储器使用磁隧道结器件，所述磁隧道结器件至少由第一磁性层、第一绝缘层、第二磁性层、第二绝缘层和第三磁性层按顺序层叠而成，其特征在于：包含至少在所述第二磁性层的所述第一绝缘层侧或第二绝缘层侧的某一侧，夹着金属层的同时，间隔中央部而设置第四磁性层，并由所述第二磁性层和所述第四磁性层构成闭合磁路。

按照上述的构成，即使图案细微化，也能够保持稳定的磁化状态，能够实现更高集成度的磁存储器，并能够降低磁存储器的耗电。

为实现上述目的，本发明的磁存储器的存取方法包含如下步骤：

形成设置在保持磁存储单元的存储的磁性层上的闭合磁路层；

在所述磁性层和闭合磁路层构成的闭合磁路内配置第一电流线，并在该闭合磁路外配置第二电流线；

使上述闭合磁路层的磁化翻转而使该磁性层的磁化不翻转的电流流入所述第一电流线，另一方面，使该磁性层的磁化单独地不翻转，与上述第一电流线的合成磁场使该磁性层的磁化翻转的电流流入所述第二电流线，由此来改变该磁性层的磁化方向。

按照上述的磁存储单元的存取方法，通过控制强磁性层和闭合磁路层的磁特性和流入第一电流线（比特线）和第二电流线（字线）的电流的大小，就能够仅存取单一的磁存储单元，同时，能够降低记录电流。由于降低了磁存储单元的端部磁极的影响，所以即使把图案细微化也能够保持稳定的磁化状态，同时，能够实现更高集成度的磁存储器。由于存储层采取闭合磁路结构，所以对于外部泄漏磁场变得稳定。另外，采用本发明能够降低磁存储器的耗电。

由于上述第一电流线处在由上述磁性层和闭合磁路层构成的闭合磁路层结构内，所以，能够以非常低的电流使闭合磁路的磁化翻转，并能够有效地对上述磁性层施加磁场。

根据以下所示的记载将能够十分清楚地了解本发明的其他目的、特征和优点，参照附图的如下的说明将更加明白本发明的有利之处。

附图说明

- 图 1 是按照本发明的一个实施例的 MTJ 器件的概略构成图。
图 2 是使用图 1 所示的 MTJ 器件的磁存储器的概略构成图。
图 3 是图 2 所示的磁存储器的字线和比特线的配置图。
5 图 4 是按照本发明的其他实施例的 MTJ 器件的概略构成图。
图 5 是使用图 4 所示的 MTJ 器件的磁存储器的概略构成图。
图 6 是使用本发明的 MTJ 器件的磁存储器的字线和比特线的配置图。
图 7 是本发明的 MTJ 器件的其他概略构成图。
图 8 是本发明的磁存储单元的说明图。
10 图 9 是本发明的磁存储单元的概略构成图。
图 10 是本发明的其他磁存储单元的概略构成图。
图 11 是原来的 MTJ 器件的构成图。
图 12 (a) 和图 12 (b) 是使用磁存储器的原来的 MTJ 器件动作原理图。
图 13 是原来的磁存储器的概略构成图。
15 图 14 是原来的 MTJ 器件的概略构成图。

具体实施方式

[实施例 1]

参照附图对本发明的一个实施例的说明如下。

- 如图 1 所示, 按照本实施例的 MTJ 器件 1 由反强磁性层 11、强磁性层 12、
20 绝缘层 13、强磁性层 14、金属层 15、16 和闭合磁路层 17 (第三磁性层) 构成。
上述反强磁性层 11 和强磁性层 12 交换结合, 强磁性层 14 和闭合磁路层 17 经
金属层 15、16 相结合, 并由中央部相间隔。上述磁性层 12 或 14 相当于第一
或第二磁性层, 上述闭合磁路层 17 相当于上述第三磁性层。

- 作为上述反强磁性层 11 的材料, 可以用 FeMn、NiMn、PtMn、IrMn 等
25 合金。作为强磁性层 12、14 和闭合磁路层 17 的材料, 可以用 Fe、Co、Ni 或
它们的合金。从 MR 比的观点来看, 作为绝缘层 13, 最好是 Al_2O_3 膜。但是,
本发明的绝缘层 13 并不限于此, 也可以是其他氧化膜、氮化膜等绝缘膜, 也
可以是 Si 膜、金刚石膜、相似金刚石碳膜 (DLD) 等绝缘膜。

- 作为金属层 15 的材料, 可以用 Ru、Cr、Cu 等金属或它们的合金。该金
30 属层的膜厚设定为强磁性层 14 和闭合磁路层 17 反强磁性结合的膜厚, 这时,

强磁性层 14 和闭合磁路层 17 的磁化构成闭环（闭合磁路），所以能够防止端部产生磁性。

强磁性层 12、14 和闭合磁路层 17 的膜厚最好大于 $10\text{\AA}$ 而小于 $1000\text{\AA}$ 。因为如果膜厚太薄，热能的影响形成超常磁化，所以磁性层的膜厚最好大于 $10\text{\AA}$ ，另一方面，如果膜厚太厚，按照本发明的闭合磁路的结构就避免不了端部磁极的影响，所以磁性层的膜厚最好小于 $1000\text{\AA}$ 。也可以把各磁性层构成多层膜结构，这时，最好把总膜厚设定为大于 $10\text{\AA}$ 而小于 $1000\text{\AA}$ 。

作为绝缘层 13 的膜厚最好是大于 $3\text{\AA}$ 而小于 $30\text{\AA}$ ，这是因为在绝缘层 13 的膜厚小于 $3\text{\AA}$ 的情况下，强磁性层 12 和强磁性层 14 有可能电短路，而在大于 $30\text{\AA}$ 的情况下，难以产生电子隧道，而会减小磁阻比。

图 1 中，虽然各自分离地设置金属层 15、16，显然，即使连续地形成单一的金属层，也可以达到本发明的目的。

图 2 表示把本实施例的 MTJ 器件 1 用于可随机存取的磁存储器 2 的情况的概图。

在读出时，晶体管 21 起选择 MTJ 器件 1 的作用，根据图 1 所示的 MTJ 器件 1 的强磁性层 14 的磁化方向来记录信息“0”、“1”，固定强磁性层 12 的磁化方向。而且，利用强磁性层 12 和强磁性层 14 的磁化平行时阻抗低而反平行时阻抗高的磁阻效应来读出信息。另一方面，通过用比特线 22（引线）和字线 23（引线）所形成的合成磁场来翻转强磁性层 14 和闭合磁路层 17 的磁化方向，由此来实现写入。

图 3 中表示比特线 22 和字线 23 的配置例，图中，24 表示板极线，如该图所示，在强磁性层 14 和闭合磁路层 17 的中央间隔部内贯通比特线 22 和字线 23，这样就能够减小翻转强磁性层 14 和闭合磁路层 17 的磁化方向所需要的电流，并能够降低磁存储器的耗电。

作为比特线 22 和字线 23 的配置，并不限于图 3 的配置方式，例如：也可以把比特线 22 和字线 23 设置在同一平面上。或者，也可以把两者或其某一方的配线设置在 MTJ 器件的外部，这样，能够简单地进行存取。

在图 3 中，比特线 22 和字线 23 同时由强磁性层 14 和闭合磁路层 17 电气绝缘，但是，本发明并不限于此，其任何一方与闭合磁路层 17 电气连接都能够作为检测阻抗变化的电极。

在上面的描述中，由与反强磁性层 11 的交换结合来固定强磁性层 12 的磁化，但是也可以采取使用保持力大的强磁性材料等的其他手段。

用通过金属层进行反强磁性结合的两个强磁性层来构成强磁性层 12，能够减轻强磁性层 12 的端部产生的磁极的影响，而且，在用例如补偿点附近组成的稀土类-迁移金属合金之类的铁氧体磁性材料 12 的场合，同样也能降低端部磁极的影响。

也可以按照与上述的顺序相反的顺序来叠层各层，另外，在本实施例中，仅说明了一方的强磁性层形成闭合磁路的情况，但是本发明并不限于此，也可以把两方的强磁性层都形成闭合磁路。

10 在本实施例中，仅说明了 MTJ 器件部分，在实际的器件形成时，当然必须要有供电用的电极、基板、保护层和粘结层等。

[实施例 2]

参照附图对本发明的其他实施例说明如下。

图 4 表示本实施例的 MTJ 器件的概略构成。

15 如图 4 所示，按照本实施例的 MTJ 器件 3 包含有反强磁性层 31（第一反强磁性层）、强磁性层 32（第一磁性层）、绝缘层 33、强磁性层 34（第二磁性层）、金属层 35、35'、强磁性层（闭合磁路层）36（第四磁性层）、绝缘层 37、强磁性层 38（第三磁性层）和反强磁性层（第二反强磁性层）39。强磁性层 34 和强磁性层（闭合磁路层）36（第四磁性层）在两端部经金属层 35、35' 相结合，并由中央部间隔开。

20 这里，把金属层 35、35' 的膜厚设定为强磁性层 34 与强磁性层 36 反强磁性结合的膜厚，这就能够使强磁性层 34 与强磁性层 36 的磁化方向相反，因为强磁性层 34 和强磁性层 36 的磁化构成闭环，所以能够防止在强磁性层 34 的端部产生磁壁。

25 反强磁性层 31 与强磁性层 32、反强磁性层 39 与强磁性层 38 分别交换结合，并固定强磁性层 32 和强磁性层 38 的磁化方向。

作为强磁性层 32、34、38 和闭合磁路层 36 的材料，可以使用 Fe、Co、Ni 或它们的合金，作为反强磁性层 31、39 的材料，可以使用 FeMn、NiMn、PtMn、IrMn 等合金。

30 从阻抗变化率的观点来看，作为绝缘层 33、37 最好使用 Al_2O_3 膜，但是，

本发明的绝缘层 33、37 并不限于此,也可以使用其他氧化膜、氮化膜等绝缘膜,也可以使用 Si 膜、金刚石膜、相似金刚石碳膜(DLD)等绝缘膜。作为金属层 35、35' 的材料,可以用 Ru、Cr、Cu 等金属或它们的合金。

MTJ 器件 3 在由强磁性层 34 和强磁性层 36 形成的闭环的磁化方向上保持记忆, MTJ 器件 3 按照由强磁性层 34 和强磁性层 36 形成的闭环的磁化方向
5 和固定层即强磁性层 32、38 的磁化方向平行或反平行引起的阻抗变化来读出存储状态。

这样,由于在由强磁性层 34 和强磁性层 36 形成的闭环的磁化方向上保持记忆,所以必须由反强磁性层 31 与反强磁性层 39 的交换结合把强磁性层 32、
10 38 的磁化固定在互逆的方向上。

这样的磁化的配置能够通过使用交换结合磁场的消失温度(闭塞温度) T_b 不同的材料作为反强磁性层 31、39 来实现。

例如:把 PtMn 用于反强磁性层 31 以及把 IrMn 用于反强磁性层 39 为例进行说明。PtMn 是具有 AuCuI 型的规则相的反强磁性层,其 T_{b1} 是 380°C 。
15 另一方面, IrMn 是具有面心立方结构的反强磁性层,其 T_{b2} 是 270°C 。

首先,在同一真空中全部层(31~39)成型后,为使 PtMn 膜构成的反强磁性层 31 规则化,在某方向上施加磁场,同时在 250°C 下进行热处理 6 小时。这样, PtMn 膜(反强磁性层 31)规则化,其自旋一面受朝向施加磁场方向的强磁性层 32 的磁化的影响,一面由冷却过程进行排列。由该结果产生的交换
20 结合就使强磁性层 32 固定于施加磁场方向上。

然后,用高于 T_{b2} 而低于 T_{b1} 的温度进行加热,一面在与最初相反的方向上施加磁场,一面冷却。这样,由 IrMn 膜构成的反强磁性层 39 的自旋一面受施加反方向磁场的强磁性层 38 的磁化的影响,一面由冷却过程进行排列,结果,被固定于与最初的热处理反平行的方向上。

这时,由于是低于 T_{b1} 的温度,所以,由 PtMn 膜构成的反强磁性层 31 和强磁性层 32 的交换结合的磁场方向被维持在开始不受影响的热处理的方向上,结果,反强磁性层 31 和强磁性层 32 的磁化方向成为反平行。
25

反强磁性层的材料和磁化的排列方向并不限于上述的那样,也可以是 T_b 不同的两个反强磁性层。除了在磁场中进行热处理的方法之外,作为磁化排列
30 的方法也能够用控制成膜时的磁场方向、或者把它们组合起来等方法也能够实

现。显然，在把不规则合金膜用于反强磁性层的情况下，就不必进行使用规则合金膜时的规则化热处理。

强磁性层 32、34、38 和闭合磁路层 36 的膜厚最好大于 $10\text{\AA}$ 而小于 $1000\text{\AA}$ 。如果膜厚太薄，热能的影响形成超常磁化，所以磁性层的膜厚最好大于 $10\text{\AA}$ ，
5 另一方面，如果膜厚太厚，按照本发明的闭合磁路的结构就避免不了端部磁极的影响，所以磁性层的膜厚最好小于 $1000\text{\AA}$ 。也可以把各磁性层构成多层膜结构，这时，最好把总膜厚设定为大于 $10\text{\AA}$ 而小于 $1000\text{\AA}$ 。

所述绝缘层 33、37 的膜厚最好是大于 $3\text{\AA}$ 而小于 $30\text{\AA}$ ，这是因为在绝缘层 33、37 的膜厚小于 $3\text{\AA}$ 的情况下，强磁性层 32 和强磁性层 34 或强磁性层
10 36 和强磁性层 38 有可能电短路，而在绝缘层 33、37 的膜厚大于 $30\text{\AA}$ 的情况下，难以产生电子隧道，而会减小磁阻比。

图 4 中，虽然各自分离地设置金属层 35、35'，显然，在由连续地的单一金属层形成的场合，也可以实现本发明的目的。

另外，由于由两层强磁性层构成强磁性层 32 或强磁性层 38，所以能够实
15 际有效地在端部不产生磁极。即使用三层以上来调整构成强磁性层的膜厚，也可以实际有效地在端部不产生磁极。

图 5 表示把本发明的 MTJ 器件 3 用于可随机存取的磁存储器的情况下的概图。

图 5 中，在读出时，晶体管 71 起选择 MTJ 器件 3 的作用，根据图 4 所示
20 的 MTJ 器件 3 的强磁性层 34 和强磁性层 36 的磁化方向来记录信息“0”、“1”，固定强磁性层 32 和强磁性层 38 的磁化方向。而且，当强磁性层 32 和强磁性层 34 的磁化平行时以及强磁性层 32 和强磁性层 38 的磁化平行时，阻抗低而反平行时利用阻抗高的磁阻效应来读出信息。另一方面，通过用比特线 72（引线）和字线 73（引线）所形成的合成磁场来翻转强磁性层 34 和强磁性层 36 的
25 磁化方向，由此来实现写入。

74 表示板极线。

图 6 中表示比特线 72 和字线 73 的配置例。

图 6 中，在强磁性层 34 和强磁性层 36 的中央间隔部内贯通比特线 72 和字线 73，这样就能够减小翻转强磁性层 34 和强磁性层（闭合磁路层）36 的磁
30 化方向所需要的电流，并能够降低磁存储器的耗电。

比特线 72 和字线 73 同时由强磁性层 34 和强磁性层 36 电气绝缘。

[实施例 3]

参照附图对本发明的其他实施例说明如下。

图 7 表示本实施例的 MTJ 器件的概略构成。

- 5 如图 7 所示, 按照本实施例的 MTJ 器件 4 由反强磁性层 41 (第一反强磁性层)、强磁性层 42 (第一磁性层)、绝缘层 43 (第一绝缘层)、强磁性层 44 (第二磁性层)、金属层 45、45'、强磁性层 (闭合磁路层) 46 (第四磁性层)、绝缘层 47 (第二绝缘层)、强磁性层 38 (第三磁性层) 和反强磁性层 (第二反强磁性层) 39 构成。强磁性层 44 和强磁性层 (闭合磁路层) 46 在两端部经金属层 45、45' 相结合, 并由中央部间隔开。

这里, 把金属层 45、45' 的膜厚设定为强磁性层 44 与强磁性层 46 反强磁性结合的膜厚, 这就能够使强磁性层 44 与强磁性层 46 的磁化方向相反, 因为强磁性层 44 和强磁性层 46 的磁化构成闭环, 所以能够防止在强磁性层 44 的端部产生磁壁。

- 15 本实施例的 MTJ 器件 4 不同于实施例 2 的 MTJ 器件 3, 强磁性层 42 由经金属层 42b (第二金属层) 反强磁性结合的两层强磁性层 42a (第二强磁性层) 和强磁性层 42c (第一强磁性层) 构成, 强磁性层 42c 与反强磁性层 41 交换结合。与实施例 2 同样, 反强磁性层 49 和强磁性层 48 交换结合。

- 即: 强磁性层 48 用固定层通过与反强磁性层 49 的交换结合来固定磁化, 20 强磁性层 42c 通过与反强磁性层 41 的交换结合来固定磁化, 另外, 强磁性层 42a 经金属层 42b 反强磁性结合, 所以在与强磁性层 42c 反方向固定磁化。

MTJ 器件 4 在由强磁性层 44 和强磁性层 46 形成的闭环的磁化方向上保持记录, 通过强磁性层 44 和强磁性层 46 形成的闭环的磁化方向与强磁性层 42a、48 的磁化方向平行或反平行引起的阻抗变化来读出记忆状态。

- 25 这样, 为了通过强磁性层 44 和强磁性层 46 形成的闭环的磁化方向与强磁性层 42a、48 的磁化方向平行或反平行引起的阻抗变化来读出记忆状态, 就必须把强磁性层 42c 的磁化方向固定于与强磁性层 48 的磁化方向相同的方向上。

因此, 按照本实施例, 就能够一次处理或在相同的磁场方向上固定强磁性层 42c 和强磁性层 48 的磁化方向, 与前述的实施例相比能够使处理简单化。

- 30 在本实施例中, 强磁性层 42 由两层强磁性层构成, 强磁性层 48 由单层

强磁性层构成，但是如果用构成固定层的两层来使强磁性层的层数不同于一层，也能够得到同样的效果。

在本实施例中，在反强磁性层 41 和反强磁性层 49 中也可以使用同样的反强磁性材料。

- 5 与前述的实施例 2 的 MTJ 器件 3 一样，本实施例的 MTJ 器件 4 可以用于磁存储器。

在本实施例中，仅仅表示了 MTJ 器件部分，在实际的器件形成时，当然还必须要供给电流用的电极、基板、保护层和粘接层。

[实施例 4]

- 10 参照附图对本发明的其他实施例说明如下。

图 8 表示按照本实施例的磁存储器的概略构成。磁存储器 51 配置在比特线 52（第一电流线）和字线 53（第二电流线）的交点上。磁存储器 51 在图面的纵轴方向上具有闭合磁路结构，磁化也朝向同一方向。图 9 表示图 8 的 AB 断面图，为简便起见，仅仅表示了一个磁存储单元。

- 15 如图 9 所示，磁存储器 51 在由反强磁性层 61、强磁性层 62、绝缘层 63、强磁性层 64 构成的 MTJ 器件上设置有闭合磁路 65。而且，反强磁性层 61 和强磁性层 62 交换结合，强磁性层 64（磁性层）与闭合磁路层 65 在两端部结合，在中央部间隔开。在中央间隔部设置有比特线 52，并与 MTJ 器件电连接，字线 53 经绝缘层 66 被设置在磁存储单元 51 上。

- 20 因此，MTJ 器件的一面与比特线 52 电连接，另一面与选择晶体管（未示出）的漏极连接。字线与 MTJ 器件电绝缘，与未图示的选择晶体管的栅极相连接。结果，构成图 5 所示的可随机存取的方案。

- 磁存储单元的信息在强磁性层 64 的磁化方向上进行存储，另一方面，强磁性层 62 的磁化方向通过与反强磁性层 61 的交换结合被固定下来，因此，利用由强磁性层 62 和强磁性层 64 的磁化方向平行、反平行使 MTJ 器件的阻抗变化来检测出存储在磁存储单元内的信息，即检测出强磁性层的磁化方向。
- 25

- 磁存储单元的信息的改写是使电流流过比特线 52 和字线 53 来改变强磁性层 64 的磁化方向来实现的。这时，处于流过电流的比特线 52 和字线 53 的交点的磁存储单元 51 以外的磁存储单元的强磁性层 62 必须不改变磁化方向，这能够按如下方式来实现。
- 30

强磁性层 64 能够保持信息，但是，具有用记录电流可改写的保持力。另一方面，闭合磁路层 65 由比强磁性层 64 的保持力小的材料构成。在改写磁存储单元 51 的信息的情况下，虽然使闭合磁路层 65 的磁化翻转，但是使强磁性层 64 的磁化不翻转的大小的电流流过比特线 52。另外，虽然与比特线 52 的合成磁场使强磁性层 64 的磁化翻转，而不能翻转的大小的电流单独地流过字线 53。这时，因为来自比特线 52 的磁场不施加在处于比特线 52 上的磁存储单元 51 以外的单元上，所以强磁性层 64 的磁化方向不变化。

如上所述，通过控制强磁性层 64 和闭合磁路层 65 的磁特性以及流过比特线 52 和字线 53 的电流的大小，就能够改变处于比特线 52 和字线 53 交点处的磁存储单元 51 的磁化方向。

按照本实施例，因为比特线 52 处于由强磁性层 64 和闭合磁路层 65 构成的闭合磁路结构内，所以，能够以非常低的电流使闭合磁路层 65 的磁化翻转，从而能够有效地把磁场施加于强磁性层 64 上。另一方面，字线 53 还经绝缘层接近于闭合磁路层 65，所以，能够通过闭合磁路层 65 有效地把磁场施加于强磁性层 64。因此，与图 4 所示的原来的结构相比，能够以十分低的电流来改变磁存储单元 51 的磁化方向。因此，如果用高导磁率材料来构成闭合磁路层 65，降低记录电流是十分有效的。

图 10 表示图 8 所示的磁存储单元 51 的其他构成例。该构成与图 9 所示的构成之不同点在于强磁性层 64 和闭合磁路层 65 经金属层 67 相结合。该金属层 67 的膜厚被设定得使强磁性层 64 和闭合磁路层 65 反强磁性结合。因此，当与上述一样地进行磁存储单元 51 的信息的改写时，在磁存储单元 51 以外不进行改写的单元中，由于经金属层 67 的反强磁性结合，强磁性层 64 和闭合磁路层 65 的磁化就确实地构成闭合磁路。

在本实施例中，作为具有闭合磁路结构的磁存储单元，表示了使用 MTJ 器件的两个例子，也可以使用具有其他闭合磁路结构的磁存储单元。在上述的实施例中，字线设置在比特线之上，但是，也可以设置在 MTJ 器件之下。比特线可以由 MTJ 器件进行绝缘，或者可以替换插入比特线和字线，或者记录用、读出用可以分别设置比特线或字线等，当然，有关比特线和字线以及闭合磁路的结构，本发明并不局限于上述的实施例。

如上所述，本发明的第一磁隧道结器件至少由第一磁性层、绝缘层和第

二磁性层按顺序层叠而成，其特征在于在不同于所述第一或第二磁性层的所述绝缘层层叠侧经金属层设置作为间隔中央部的闭合磁路的第三磁性层，并由第一或第二磁性层与第三磁性层构成闭合磁路。

按照上述的构成，因为第一或第二强磁性层与第三强磁性层的磁化构成闭环，所以能够防止端部产生磁极。这样，按照上述构成的磁隧道结器件由于能够避免端部磁极的影响，所以即使图案细微化，也能够保持稳定的磁化状态。由于构成存储层的强磁性层采取闭合磁路结构，所以对于外部泄漏磁场变得稳定。另外，使用上述MTJ器件的磁存储器能够降低耗电。

本发明的第二磁隧道结器件的特征在于在所述第一磁隧道结器件中至少一条引线被设置在所述第一或第二磁性层与第三磁性层的间隔部内。

按照上述的构成，由于所述第一或第二磁性层与闭合磁路层的中央间隔部内贯通引线，所以能够减小翻转该磁性层与闭合磁路层的磁化方向所必要的电流值，从而能够降低磁存储器的耗电。

本发明的第三磁隧道结器件至少由第一磁性层、第一绝缘层、第二磁性层、第二绝缘层和第三磁性层按顺序层叠而成，其特征在于在所述第二磁性层的所述第一绝缘层层叠侧或第二绝缘层层叠侧的某一侧上经金属层间隔开中央部而设置第四磁性层，并由所述第二磁性层和所述第四磁性层构成闭合磁路。

按照上述的构成，能够得到高的阻抗变化率，并能够降低端部磁极的影响。因此，即使图案细微化，也能够保持稳定的磁化状态。由于构成存储层的强磁性层采取闭合磁路结构，所以对于外部泄漏磁场变得稳定。

本发明的第四磁隧道结器件的特征在于，在所述第三磁隧道结器件结构中层叠有交换结合在所述第一磁性层上的第一反强磁性层，并层叠有交换结合在所述第三磁性层上的第二反强磁性层。

本发明的第五磁隧道结器件的特征在于，在所述第四磁隧道结器件结构中所述第一反强磁性层与所述第一磁性层的交换结合的消失温度与所述第二反强磁性层与所述第三磁性层的交换结合的消失温度不同。

本发明的第六磁隧道结器件的特征在于，在所述第一或第二磁隧道结器件结构中至少由经金属层反强磁性结合的两个以上的强磁性层构成所述第一磁性层或第三磁性层的某一个。

按照上述构成，为了通过由第一或第三磁性层和作为闭合磁路层的第二磁

性层构成的闭环的磁化方向与所述强磁性层和第一或第三磁性层的磁化方向平行或反平行来由阻抗变化读出记忆状态，所述强磁性层的磁化方向必须被固定于与所述第一或第三磁性层相同的方向上。

因此，按照本实施例，就能够一次处理或在相同的磁场方向上固定强磁性层和所述第一或第三强磁性层的磁化方向，这样就能够使处理简单化。

在上述的实施例中，由两层强磁性层构成强磁性层，而由单层构成第三磁性层，但是如果用构成固定层的两层来使强磁性层的层数不同于一层，也能够得到同样的效果。

本发明的第七磁隧道结器件的特征在于，在所述第三至第六的任一个磁隧道结器件中在所述第二磁性层和第四磁性层的间隔部内设置至少一条引线。

按照上述构成，由于所述第二磁性层与第四磁性层的中央间隔部内贯通引线，所以能够减小翻转第二磁性层与第四磁性层（闭合磁路层）的磁化方向所必要的电流值，从而能够降低磁存储器的耗电。

本发明的第一磁存储器的特征在于使用磁隧道结器件，所述磁隧道结器件至少由第一磁性层、绝缘层和第二磁性层按顺序层叠而成，至少在不同于所述第一或第二磁性层的所述绝缘层层叠侧的一侧经金属层间隔开中央部而设置有第三磁性层，并由第一或第二磁性层与第三磁性层形成闭合磁路。

按照上述的构成，因为第一或第二强磁性层与第三强磁性层的磁化构成闭环，所以能够防止端部产生磁极。这样，按照上述构成的 MTJ 器件由于能够避免端部磁极的影响，所以即使图案细微化，也能够保持稳定的磁化状态。由于构成存储层的强磁性层采取闭合磁路结构，所以对于外部泄漏磁场变得稳定。另外，能够降低使用上述 MTJ 器件的磁存储器的耗电。

本发明的第二磁存储器的特征在于在所述第一磁存储器中，所述第一或第二强磁性层与第三磁性层的间隔部设置有至少一条引线。

本发明的第三磁存储器的特征在于使用磁隧道结器件，所述磁隧道结器件至少由第一磁性层、第一绝缘层、第二磁性层、第二绝缘层和第三磁性层按顺序层叠而成，其特征在于至少在所述第二磁性层的所述第一绝缘层层叠侧或第二绝缘层层叠侧的某一侧上经金属层的同时，间隔中央部而设置第四磁性层，并由所述第二磁性层和所述第四磁性层构成闭合磁路。

按照上述的构成，能够得到高阻抗变化率，并能够降低端部磁极的影响。

因此，即使图案细微化，也能够保持稳定的磁化状态，能够实现更高集成度的磁存储器，并能够降低磁存储器的耗电。

本发明的磁存储器的存取方法的特征在于，

在保持磁存储单元的存储的磁性层上设置闭合磁路层，在由所述磁性层和闭合磁路层构成的闭合磁路内配置第一电流线，在该闭合磁路外配置第二电
5 流线，同时，使上述闭合磁路层的磁化翻转而使该磁性层的磁化不翻转的电流流入所述第一电流线，使该磁性层的磁化不翻转，而与上述第一电流线的合成磁场使该磁性层的磁化翻转的电流单独地流入所述第二电流线，由此来改变该磁性层的磁化方向。

10 按照上述的磁存储单元的存取方法，通过控制强磁性层和闭合磁路层的磁特性和流入第一电流线（比特线）和第二电流线（字线）的电流的大小，就能够仅存取单一的磁存储单元，同时，能够降低记录电流。由于减轻了磁存储单元的端部磁极的影响，所以即使把图案细微化也能够保持稳定的磁化状态，同时，能够实现更高集成度的磁存储器。由于构成存储层的强磁性层采取闭合磁
15 路结构，所以对于外部泄漏磁场变得稳定。另外，按照本发明能够降低磁存储器的耗电。

由于第一电流线处在由上述磁性层（强磁性层 64）和闭合磁路层构成的闭合磁路层结构内，所以，能够以非常低的电流使闭合磁路层的磁化翻转，并能够有效地对上述磁性层施加磁场。

20 本发明的第一磁存储单元的特征在于，在使用上述第一存取方法的磁存储单元中，所述磁存储单元至少由按顺序把第一磁性层、绝缘层和第二磁性层层叠起来的所述磁隧道结器件构成，并且至少还由把该第一磁性层或第二磁性层按顺序层叠起来的磁隧道结器件构成，而且至少在不同于第一或第二磁性层的该磁性层的该绝缘层叠层侧的一侧间隔开中央部而设置所述闭合磁路层，第一
25 磁性层或第二磁性层与闭合磁路层构成闭合磁路。

本发明的第二磁存储单元的特征在于，在使用上述第一存取方法的磁存储单元中，所述磁存储单元至少由按顺序把第一磁性层、绝缘层和第二磁性层层叠起来的所述磁隧道结器件构成，而且至少在不同于第一或第二磁性层的该绝缘层侧叠层侧经金属层间隔开中央部而设置所述闭合磁路层，第一磁性层或第
30 二磁性层与闭合磁路层构成闭合磁路。

发明的详细说明中所作出的实施方案或实施例仅仅是用来明确本发明的技术内容，不应该狭义地被解释而仅限于这样的具体例，在本发明的精神和下面记载的权利要求的范围之内，可以实施各种各样的变更。

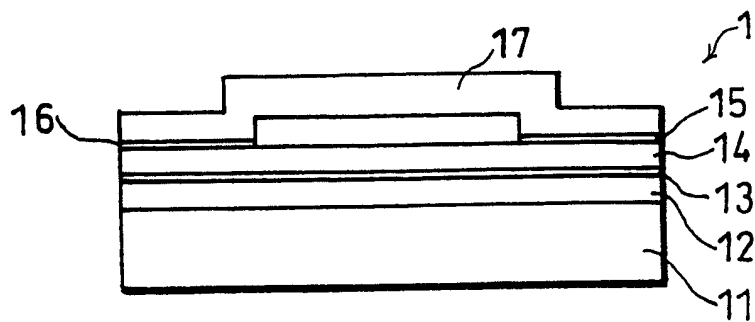


图 1

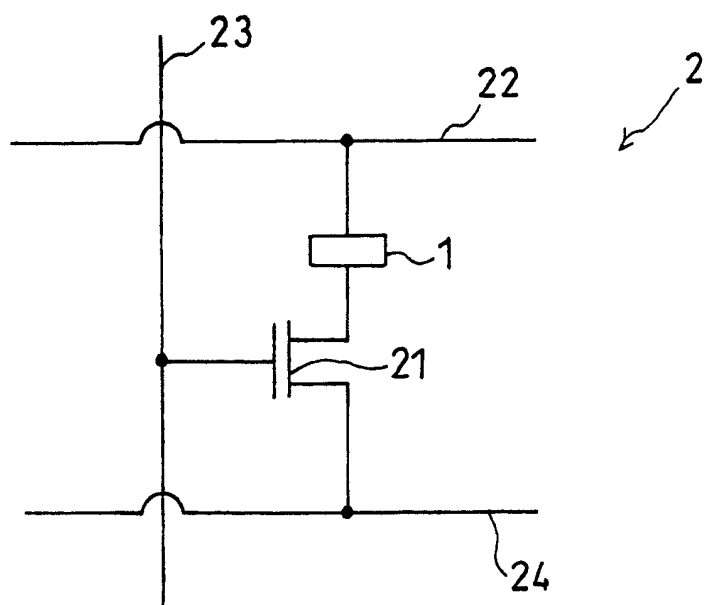


图 2

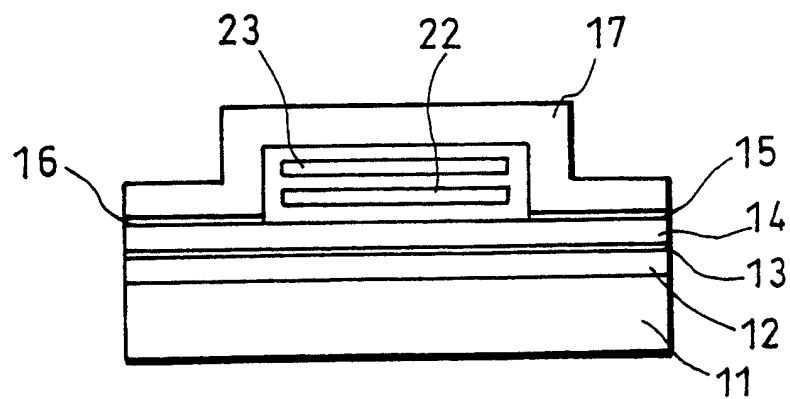


图 3

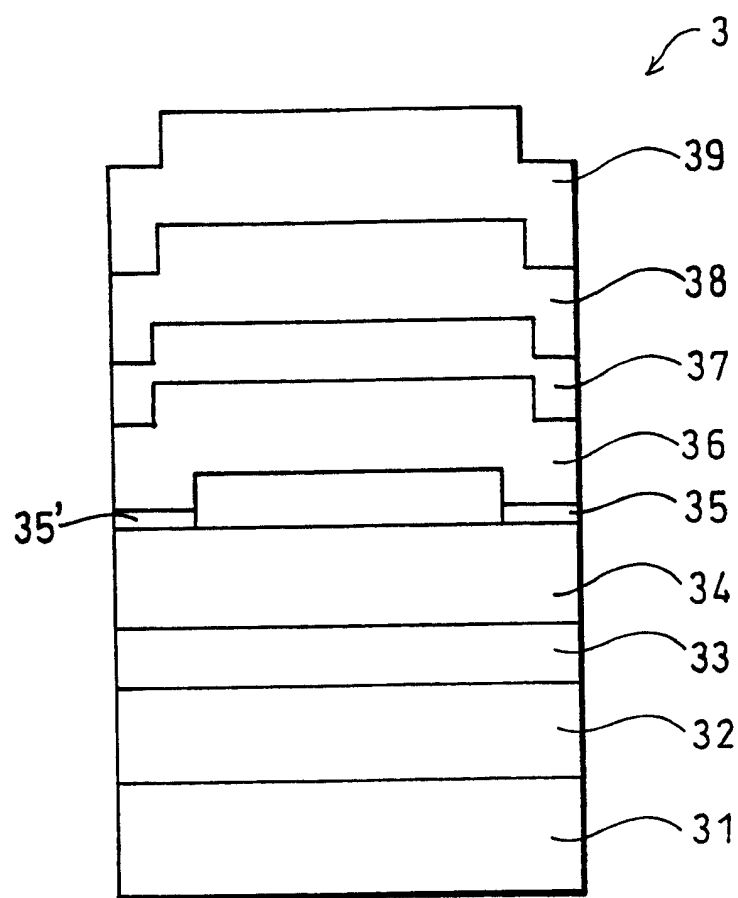


图 4

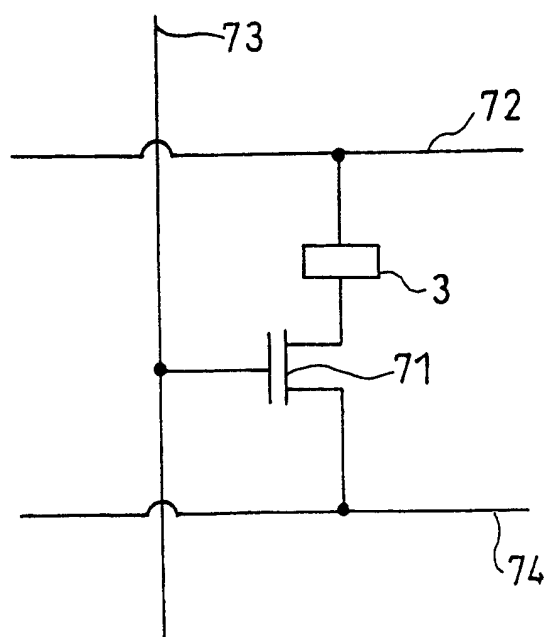


图 5

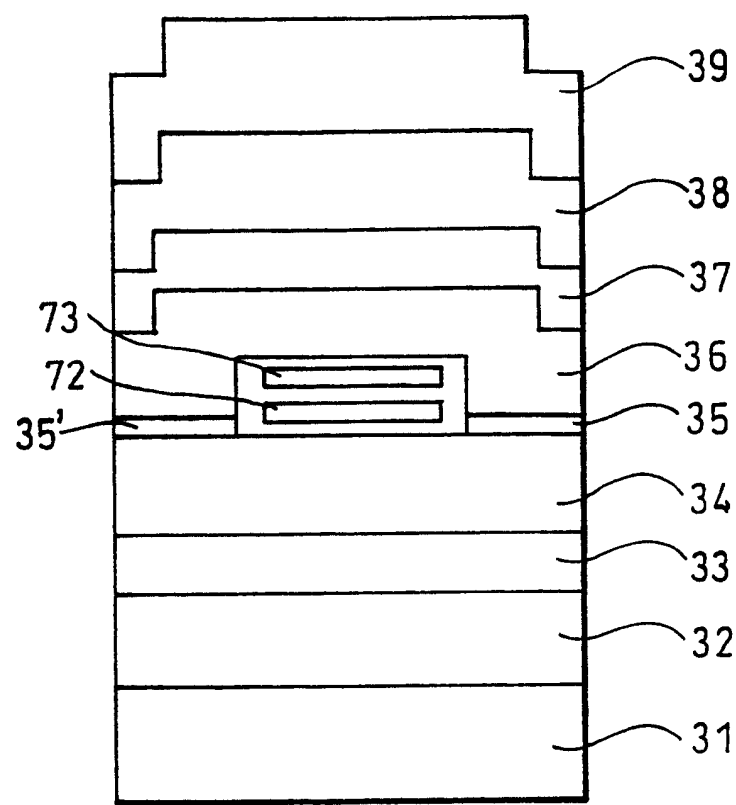


图 6

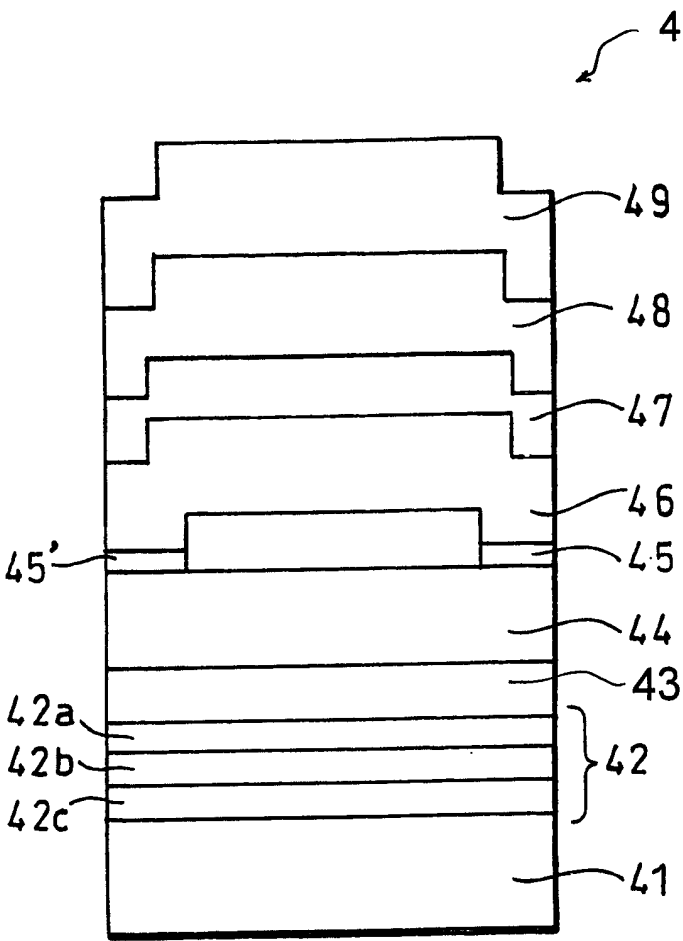


图 7

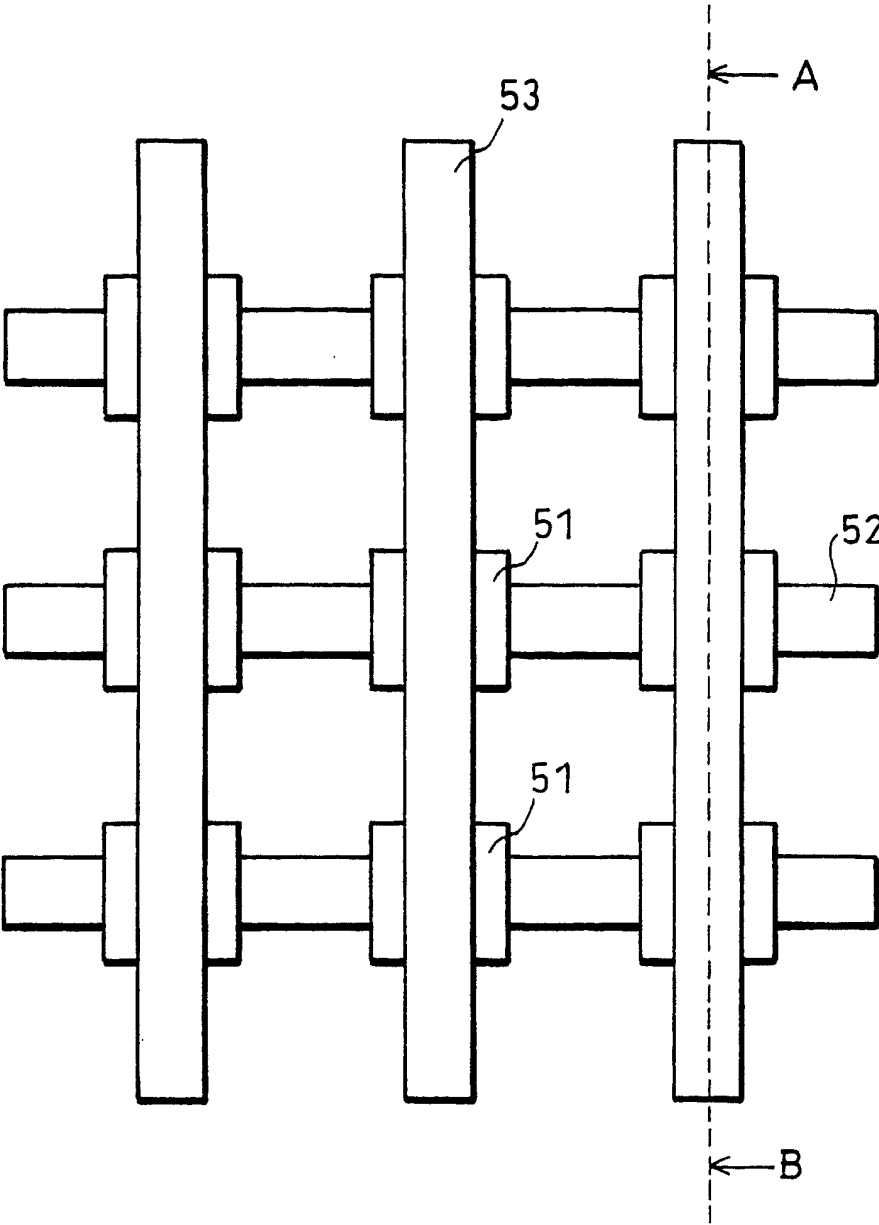


图 8

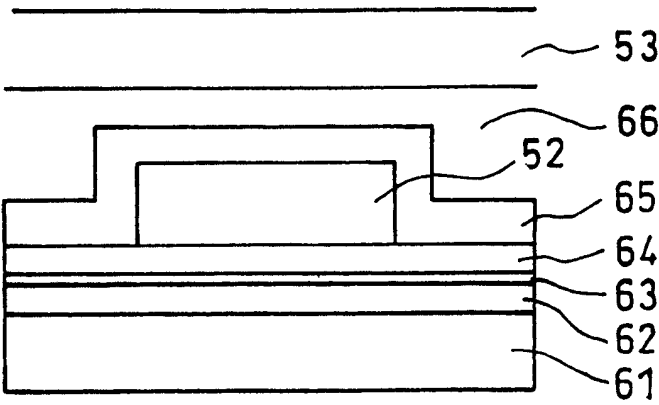


图 9

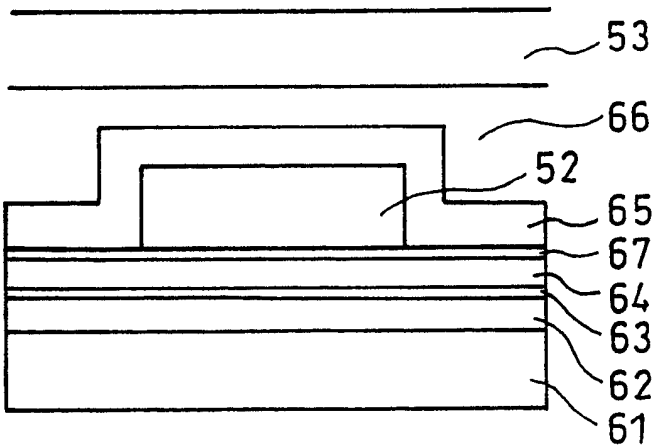


图 10

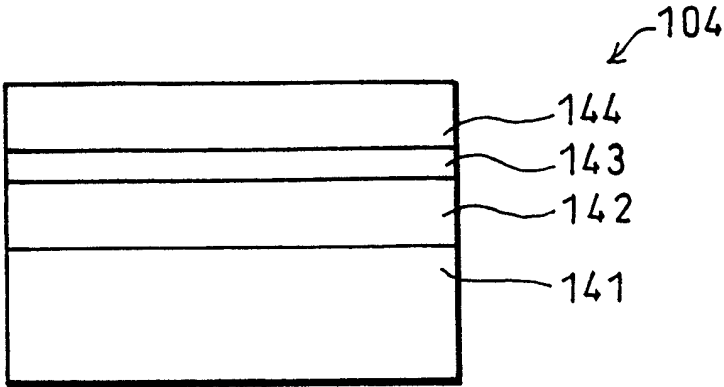


图 11

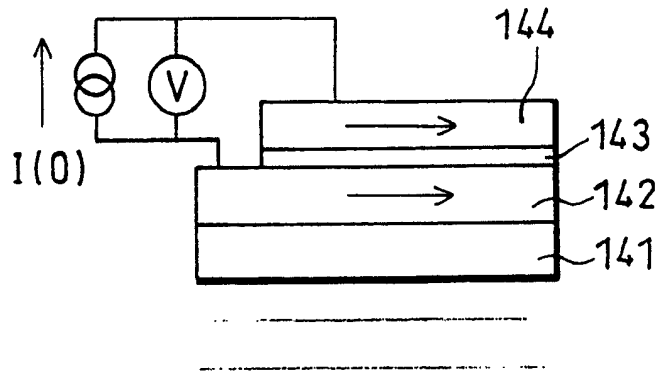


图 12 (a)

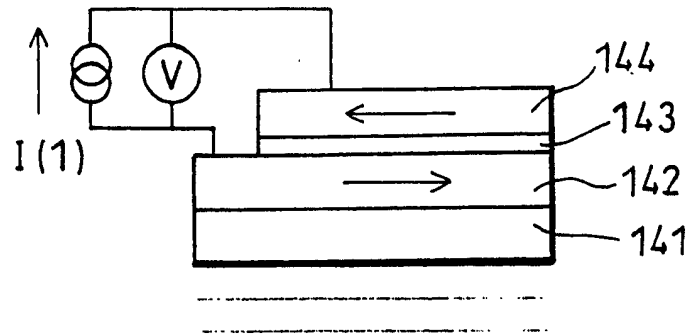


图 12 (b)

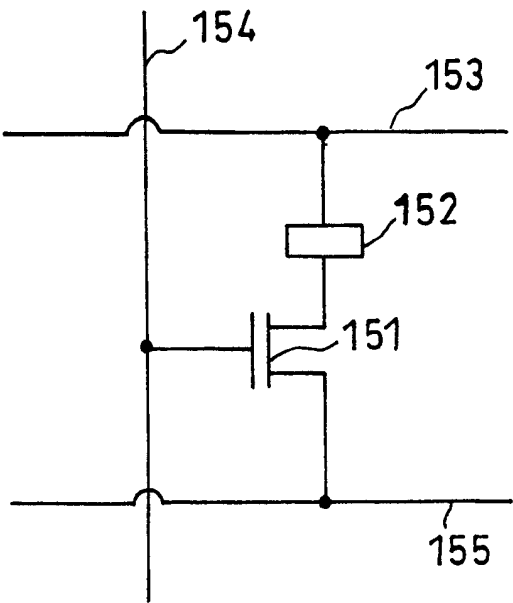


图 13

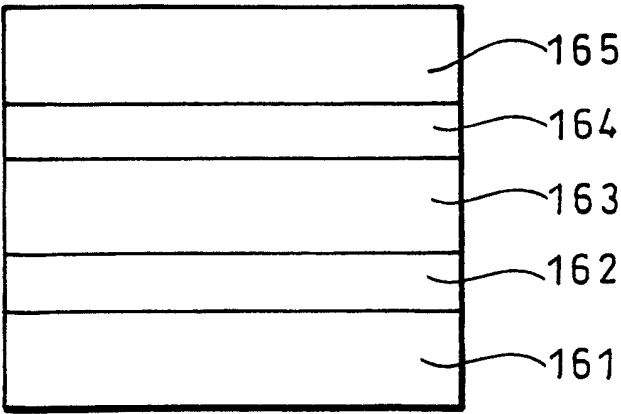


图 14