

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01R 33/09 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610084417.6

[43] 公开日 2007年4月4日

[11] 公开号 CN 1940586A

[22] 申请日 2006.5.18

[21] 申请号 200610084417.6

[30] 优先权

[32] 2005.9.26 [33] JP [31] 2005-277466

[71] 申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 古川泰助 小林浩 长永隆志

黑岩丈晴 拜山沙德克 滝正和

[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 岳耀锋

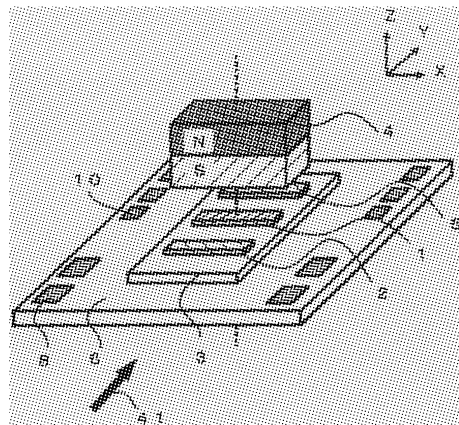
权利要求书 3 页 说明书 20 页 附图 17 页

[54] 发明名称

磁场检测装置及其制造方法

[57] 摘要

提供一种磁场检测装置及其制造方法，该磁场检测装置具有结构简单的、在外部磁场中电阻不变化的参照用磁致电阻元件。该磁场检测装置包括：磁体；具有包含铁磁性层的层结构、且电阻随上述铁磁性层的磁化方向的变化而变化的检测用磁致电阻元件；以及具有与上述检测用磁致电阻元件大致相同的层结构、且在铁磁性层的感测磁的方向上被从上述磁体施加具有大于等于饱和磁场的强度的磁场的参照用磁致电阻元件。



1. 一种磁场检测装置，其特征在于包括：

磁体；

具有包含铁磁性层的层结构、且电阻随上述铁磁性层的磁化方向的变化而变化的检测用磁致电阻元件；以及

具有与上述检测用磁致电阻元件大致相同的层结构的参照用磁致电阻元件，

在上述参照用磁致电阻元件的铁磁性层的感测磁的方向上从上述磁体施加具有大于等于饱和磁场的强度的磁场。

2. 如权利要求1所述的磁场检测装置，其特征在于：

参照用磁致电阻元件的层结构包含：磁化方向被固定在层内的一个方向上的固定层、和铁磁性层的磁化方向受外部磁场的影响而在层内变化的自由层；

上述参照用磁致电阻元件是电阻随着上述固定层的磁化方向和上述自由层的磁化方向的角度而变化的元件；

在上述层结构的面方向上从磁体向上述参照用磁致电阻元件施加的磁场，与上述固定层的磁化方向平行或反平行且具有大于等于饱和磁场的强度。

3. 如权利要求1所述的磁场检测装置，其特征在于：

仅在检测用磁致电阻元件不感测磁的方向上从磁体施加磁场。

4. 如权利要求2所述的磁场检测装置，其特征在于：

包括多个参照用磁致电阻元件，它们的固定层的磁化方向相同，且在层结构的面方向上从磁体施加的磁场方向相反。

5. 如权利要求2所述的磁场检测装置，其特征在于：

还包括在层结构的面方向上从磁体施加的磁场与固定层的磁化方向垂直的参照用磁致电阻元件。

6. 如权利要求2所述的磁场检测装置，其特征在于：

检测用磁致电阻元件包括：

第 1 反铁磁性层；
与第 1 反铁磁性层相接地设置的第 1 铁磁性层；
与第 1 铁磁性层相接且在与第 1 反铁磁性层相反侧的面上设置的第 1 非磁性层；以及
与第 1 非磁性层相接且在与第 1 铁磁性层相反侧的面上设置的第 2 铁磁性层。

7. 如权利要求 2 所述的磁场检测装置，其特征在于：
检测用磁致电阻元件包括：
第 1 反铁磁性层；
与第 1 反铁磁性层相接地设置的第 1 铁磁性层；
与第 1 铁磁性层相接且在与第 1 反铁磁性层相反侧的面上设置的第 2 非磁性层；
与第 2 非磁性层相接且在与第 1 铁磁性层相反侧的面上设置的第 3 铁磁性层；
与第 3 铁磁性层相接且在与第 2 非磁性层相反侧的面上设置的第 1 非磁性层；以及
与第 1 非磁性层相接且在与第 3 铁磁性层相反侧的面上设置的第 2 铁磁性层。

8. 如权利要求 1 所述的磁场检测装置，其特征在于：
还包括非磁性体的平板，
磁体具有与磁场垂直的平面部分，
上述磁体的平面部分与上述平板的一面相对置地配置，
检测用磁致电阻元件的膜结构与上述平板的另一面相对置地配置。

9. 如权利要求 1 所述的磁场检测装置，其特征在于：
包括检测检测用磁致电阻元件的电阻和参照用磁致电阻元件的电阻的差或比的电路。

10. 如权利要求 1 所述的磁场检测装置，其特征在于：
在检测用磁致电阻元件和磁体之间具有磁通导板。

11. 如权利要求 1 所述的磁场检测装置，其特征在于：

在与检测用磁致电阻元件或参照用磁致电阻元件相同的基板上设置有把检测到的信号放大的电路。

12. 一种磁场检测装置的制造方法，其特征在于包含以下工序：

调整磁体和检测用磁致电阻元件的相对位置，使得从与参照用磁致电阻元件的固定层的磁化方向平行地施加了大于等于饱和磁场的磁场时的上述参照用磁致电阻元件的电阻值、和与上述固定层的磁化方向反平行地施加了大于等于饱和磁场的磁场时的上述参照用磁致电阻元件的电阻值计算出的参照值，与上述检测用磁致电阻元件的电阻值相等。

磁场检测装置及其制造方法

技术领域

本发明涉及使用了磁致电阻元件的磁场检测装置及其制造方法。

背景技术

作为磁场检测装置，以往普遍利用使用了霍尔元件的磁场检测装置等。通过增大检测信号对噪声的比值可以提高磁场检测装置的精度。因此，为了实现高精度的检测，希望获得更强的信号强度即使磁场导致的电阻变化率更大。基于以上观点，开发了利用了巨磁致电阻效应（GMR）和隧道磁致电阻效应（TMR）的磁致电阻元件。

这样的磁致电阻元件把外部磁场的变化作为元件的电阻变化来检测。但是，磁致电阻元件的电阻还随温度变化。因此，存在外部温度变化大的环境中难以作为磁场传感器使用的问题。在专利文献1中公开了解决这样的问题的磁场检测装置。专利文献1的磁场检测装置，通过把被磁屏蔽了的隧道磁致电阻元件和未被磁屏蔽的隧道磁致电阻元件进行电桥连接，减小了依赖于温度的电阻变化的影响。未被磁屏蔽的磁致电阻元件作为电阻随外部磁场变化的检测用磁致电阻元件使用。而被磁屏蔽了的隧道磁致电阻元件作为电阻不随外部磁场变化的参照用磁致电阻元件使用。此时，被磁屏蔽的磁致电阻元件和未被磁屏蔽的磁致电阻元件使用元件性能相同的磁致电阻元件。

<专利文献1>日本专利申请特开 2001-345498 号公报

发明内容

在现有技术中，使用作为电阻随外部磁场变化的检测用磁致电阻元件的未被磁屏蔽的磁致电阻元件、和作为电阻不随外部磁场变化的参照用磁致电阻元件的被磁屏蔽了的磁致电阻元件，来检测磁场。在

检测时对于被磁屏蔽的磁致电阻元件和未被磁屏蔽的磁致电阻元件都施加同样的外部磁场。为了进行高灵敏度的磁场检测，必须进行完全的磁屏蔽以使参照用磁致电阻元件不受外部磁场的影响。

本发明正是为了解决上述这样的问题而完成的，其目的在于提供具有没有磁屏蔽结构的、结构简单的、在外部磁场中电阻不变化的参照用磁致电阻元件的磁场检测装置。

根据本发明的磁场检测装置，其特征在于包括：磁体；具有包含铁磁性层的层结构、且电阻随上述铁磁性层的磁化方向的变化而变化的检测用磁致电阻元件；以及具有与检测用磁致电阻元件大致相同的层结构的参照用磁致电阻元件，在参照用磁致电阻元件的铁磁性层的感测磁的方向上从上述磁体施加具有大于等于饱和磁场的强度的磁场。

由于参照用磁致电阻元件和检测用磁致电阻元件具有基本相同的层结构，参照用磁致电阻元件依赖于温度的电阻变化表现出与检测用磁致电阻元件同样的倾向。而且，由于参照用磁致电阻元件，在感测磁的方向上利用磁体被施加具有铁磁性层的饱和磁场以上的强度的磁场，所以其电阻不随外部磁场变化。因此，参照用磁致电阻元件的电阻适合修正检测用磁致电阻元件的依赖于温度的电阻变化。根据本发明可以提供具有没有磁屏蔽结构的、结构简单的、在外部磁场中电阻不变化的参照用磁致电阻元件的磁场检测装置。

附图说明

- 图 1 是说明自旋阀结构 (a) 和 SAF 结构 (b) 的膜结构的示意图。
- 图 2 是展示 TMR 元件的磁场-电阻特性的一例的曲线图；
- 图 3 是展示实施方式 1 的磁场检测装置的结构立体图；
- 图 4 是展示实施方式 1 的磁场检测装置的结构剖面图；
- 图 5 是展示实施方式 1 的磁场检测装置的结构俯视图；
- 图 6 是展示实施方式 1 的施加了外部磁场的磁场检测装置的结构俯视图；

图 7 是展示实施方式 2 的磁场检测装置的结构立体图；
图 8 是展示实施方式 2 的磁场检测装置的结构俯视图；
图 9 是展示磁体产生的磁场的强度与基板上的位置的关系的曲线图；

图 10 是展示 TMR 元件的外部磁场-元件电阻的关系的曲线图；
图 11 是展示实施方式 2 的磁场检测装置的检测电路的结构图；
图 12 是展示实施方式 2 的磁场检测装置的制造方法的中间阶段的立体图；

图 13 是展示实施方式 3 的磁场检测装置的结构剖面图；
图 14 是展示实施方式 4 的磁场检测装置的结构立体图；
图 15 是展示实施方式 4 的变形方式的磁场检测装置的结构剖面图；

图 16 是展示实施方式 4 的变形方式的基板上的位置和磁场的关系的曲线图；

图 17 是展示实施方式 5 的磁场检测装置的结构立体图；
图 18 是展示实施方式 5 的磁场检测装置的结构俯视图；
图 19 是展示实施方式 6 的磁场检测装置的结构立体图；
图 20 是展示实施方式 6 的磁场检测装置的结构俯视图。

(附图标记的说明)

- 1, 51, 检测用磁致电阻元件；
- 2、5、20、21、52, 参照用磁致电阻元件；
- 3, 基板；
- 4, 磁体；
- 4b, 磁体的磁极端面的投影形状；
- 4c, 磁体的磁场方向；
- 6, 电路基板；
- 7, 绝缘体；
- 8, 输出用电极；
- 9, 未磁化的磁性材料；

- 10, 调整用电极;
- 14, 磁通导板;
- 18, 非磁性板;
- 22, 反铁磁性层;
- 23, 第 1 铁磁性层;
- 24, 第 1 非磁性层;
- 25, 第 2 铁磁性层;
- 26, 第 2 非磁性层;
- 27, 第 3 铁磁性层;
- 28, 固定层;
- 31, 检测用磁致电阻元件的固定层的磁化方向;
- 32, 检测用磁致电阻元件的自由层的磁化方向;
- 33、35、37、39, 参照用磁致电阻元件的固定层的磁化方向;
- 34、36、38、40, 参照用磁致电阻元件的自由层的磁化方向;
- 41, 外部磁场;
- 203, 乘除运算电路;
- 206, 差动放大电路;
- 207, 差动放大电路;
- 204, 恒流源。

具体实施方式

参照附图说明根据本发明的实施方式的磁场检测装置及其制造方法。在说明中对相同的要素或具有相同功能的要素赋予相同的附图标记,并省略重复的说明。

(实施方式 1)

作为在层结构中具有铁磁性层、电阻随其铁磁性层的磁化方向的变化而变化的磁致电阻元件,说明具有自旋阀结构的 GMR 元件、TMR 元件。

自旋阀结构具有:磁化方向被固定在层内的一个方向上的固定层、

和铁磁性层的磁化方向受外部磁场的影响而在层内变化的自由层。例如，如图 1 的 (a) 所示，包括：第 1 反铁磁性层 22；与第 1 反铁磁性层相接地设置的第 1 铁磁性层 23；与第 1 铁磁性层 23 相接且在与第 1 反铁磁性层 22 相反侧的面上设置的第 1 非磁性层 24；以及与第 1 非磁性层 24 相接且在与第 1 铁磁性层 23 相反侧的面上设置的第 2 铁磁性层 25。在该层结构中，第 1 铁磁性层 23 的磁化方向被与第 1 反铁磁性层的交换耦合磁场固定在一个方向上所以成为固定层。而第 2 铁磁性层 25 由于磁场的方向随外部磁场自由旋转，所以成为自由层。具有自旋阀结构的磁致电阻元件的电阻，与固定层的磁化方向和自由层的磁化方向的夹角对应地变化。即，随着自由层的磁化方向受外部磁场影响而变化，电阻也变化。因此，可以把外部磁场导致的自由层的磁化方向的变化以元件电阻的形式检测出来。

另外，也可以是如图 1 的 (b) 所示的包含了所谓的 SAF (人工反铁磁性或合成反铁磁性) 结构的层结构，该 SAF 结构中，在反铁磁性层 22 上，代替上述第 1 铁磁性层 23，依次层叠第 1 铁磁性层 23、第 2 非磁性层 26、第 3 铁磁性层 27 来构成固定层 28。此时的特征在于，由于固定层 28 整体的磁化实际效果上大致为零，即使在固定层 28 的磁化方向的垂直方向上施加强大的磁场时，固定层 28 的磁化方向也是稳定的。

在这样的元件中，检测在与磁致电阻元件的层结构平行的方向上流过电流时的电阻变化的是 GMR 元件。而用绝缘膜构成第 1 非磁性层 24，检测经由该绝缘膜流过的隧道电流量的变化的是 TMR 元件。

为了构成 TMR 元件，例如，可以用 IrMn 作为反铁磁性层 22，用 NiFe 或 CoFe 作为第 1 铁磁性层 23，用 Al_2O_3 作为非磁性层 (绝缘层)，用 NiFe 作为第 2 铁磁性层 25。另外，为了构成 TMR 元件，也可以用 FeMn、IrMn、PtMn 作为反铁磁性层 22，用 Co、Fe、CoFe 合金，CoNi 合金、CoFeNi 等的以 Co、Ni、Fe 为主要成分的金属以及 NiMnSb、 Co_2MnGe 等的合金等作为铁磁性体。另外，作为隧道绝缘层的非磁性层只要是绝缘体即可，可以是例如 Ta_2O_5 、 SiO_2 、MgO

等的金属氧化物，也可以是氟化物。另外，SAF结构的第2非磁性层26可以使用Ru、Cu等的非磁性材料。

上述各膜通过例如DC磁控溅射形成。也可以通过例如分子束外延(MBE)法、各种溅射法、化学汽相生长(CVD)法、蒸镀法形成。

另外，各磁致电阻元件，例如，通过光刻和反应性离子蚀刻进行图形加工制作各膜。此时，首先分别形成自由层、隧道绝缘膜和固定层的膜后，在其上形成所想要的元件形状的光刻胶图形，然后通过离子切削或反应性离子蚀刻得到具有所想要的元件形状的膜结构。另外，在形成元件形状的图形时也可以用电子束光刻、会聚离子束。用来测定元件的电阻的布线使用例如Al。

可以构成在不施加外部磁场时自由层与固定层正交的磁致电阻元件。如果在这样的磁致电阻元件的与固定层的磁化方向平行的方向上施加磁场，则自由层的磁化方向随外部磁场变化，磁致电阻元件的电阻变化。在施加的外部磁场的强度与磁致电阻元件的电阻的关系中，有电阻不依赖于外部磁场的饱和区、和电阻对外部磁场具有线性依赖性的线性区。在饱和区中，自由层的磁化方向和固定层的磁化方向是平行或反平行的。图2是展示了TMR元件的磁致电阻特性的一例的特性图。TMR元件和GMR元件的电阻，通常在自由层的磁化方向与固定层的磁化方向平行时最小，而在自由层的磁化方向与固定层的磁化方向反平行时电阻最大。

具有自旋阀结构的GMR元件、TMR元件等，由于层结构的厚度小于等于元件图形的尺寸的1/100，受形状各向异性的影响大。由于使磁化方向变化到与基板垂直的方向上是非常困难的，所以在与基板垂直的方向上施加磁场时的电阻变化基本上可以忽视。换言之，磁致电阻元件是检测与基板平行的磁场的变化的元件，是在与形成了元件的基板垂直的方向上不感测磁的元件。这样，通常，磁致电阻元件大多具有实质上没有磁场变化导致的电阻变化率的方向，换言之，不感测磁的方向。

下面，说明实施方式1的结构和作用。图3是展示实施方式1的

基本结构的立体图。在基板 3 上配置了检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2。检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2 都具有包含铁磁性层的层结构，是电阻随铁磁性层的磁化方向变化而变化的 TMR 元件。检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2，由于都通过对在相同的基板 3 上形成的固定层、绝缘层、自由层进行图形加工而制成，所以具有相同的层结构。而且检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2 成为相同的元件图形。

在检测用磁致电阻元件 1 的上方、参照用磁致电阻元件 2 的斜上方的位置配置了钐钴磁体即磁体 4。磁体 4 是 N 极端面和 S 极端面为正方形的棒磁体。磁体 4 的与检测用磁致电阻元件 1 对置的 S 极端面的尺寸比检测用磁致电阻元件 1 的元件图形的尺寸大。磁体 4 的连接 N 极中心和 S 极中心的轴与基板 3 垂直，通过检测用磁致电阻元件 1 的大致中心。在图 3 以后的图中连接磁体 4 的 N 极中心和 S 极中心的轴用单点划线表示。

图 4 是从图 3 的与基板 3 的面平行的 X 轴方向看到的包含连接磁体 4 的 N 极中心和 S 极中心的轴的剖面图。在检测用磁致电阻元件 1 的位置处的磁体的磁场方向 4c 是与基板 3 大致垂直的方向，即与膜结构大致垂直的方向。在参照用磁致电阻元件 2 的位置处的磁体的磁场方向 4c 具有比该层结构的面方向上的参照用磁致电阻元件 2 的饱和磁场大的强度。

图 5 是展示从图 3 的与基板 3 垂直的 Z 轴方向看到的、检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2 的磁化方向、磁体 4 与磁体的磁场方向 4c 的一部分的位置关系的俯视图。图 5 中，检测用磁致电阻元件 1 位于磁体的磁极端面的投影形状 4b 的中心位置，参照用磁致电阻元件 2 位于磁体的磁极端面的投影形状 4b 的外侧位置。检测用磁致电阻元件的固定层的磁化方向 31 和参照用磁致电阻元件的固定层的磁化方向 33 平行。从检测用磁致电阻元件 1 的位置在与检测用磁致电阻元件的固定层的磁化方向 31 相反的方向上隔开间隔配置参照用磁致电阻元件 2。

未配置磁体 4 时，检测用磁致电阻元件的自由层的磁化方向 32 和参照用磁致电阻元件的自由层的磁化方向 34 分别与检测用磁致电阻元件的固定层的磁化方向 31 和参照用磁致电阻元件的固定层的磁化方向 33 垂直。由于如上所述地配置了磁体 4，在与基板垂直的方向即不感测磁的方向上从磁体 4 向检测用磁致电阻元件 1 施加磁场。因此，即使配置了磁体 4 时，检测用磁致电阻元件的自由层的磁化方向 32 也与检测用磁致电阻元件的固定层的磁化方向 31 垂直。

另一方面，从磁体 4 向参照用磁致电阻元件 2 施加比层结构的面向方向即感测磁的方向上的饱和磁场大的磁场。如图 5 所示，参照用磁致电阻元件的自由层的磁化方向 34 沿磁体的磁场方向 4c 被固定。

而且，参照用磁致电阻元件 2 的位置处的磁体的磁场方向 4c 的方向与参照用磁致电阻元件的固定层的磁化方向 33 平行。因此，参照用磁致电阻元件的自由层的磁化方向 34 与参照用磁致电阻元件的固定层的磁化方向 33 平行，参照用磁致电阻元件的电阻成为最小值。

图 6 是在图 5 中再沿检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2 的固定层的磁化方向施加了外部磁场 41 时的俯视图。虽然向参照用磁致电阻元件 2 施加把来自磁体 4 的磁场和外部磁场 41 矢量合成后的磁场。但由于来自磁体 4 的磁场比外部磁场 41 足够大，参照用磁致电阻元件 2 的自由层的磁化方向 34 实质上被固定在一个方向上。

由于参照用磁致电阻元件的自由层的磁化方向 34 因磁体 4 的磁场而与参照用磁致电阻元件的固定层的磁化方向 33 平行地饱和，因此 TMR 元件的电阻不随外部磁场 41 变化。另一方面，由于检测用磁致电阻元件的自由层的磁化方向 32 与外部磁场 41 的强度相应地变化，所以检测用磁致电阻元件 1 的电阻变化。由于检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2 的依赖于温度的电阻变化具有同样的倾向，所以用电阻不随外部磁场 41 变化的参照用磁致电阻元件 2 的电阻可以修正检测用磁致电阻元件 1 的依赖于温度的电阻变化的影响。

作为从参照用磁致电阻元件 2 的电阻和检测用磁致电阻元件 1 的电阻检测外部磁场 41 的手段，虽然图中未示出，但有例如使用把检测

用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2 串联连接，在其两端施加恒电压，测定检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2 间的电位的电桥电路的方法等。此时，可以从恒电压与它们之间电位的比得到检测用磁致电阻元件 1 的电阻和参照用磁致电阻元件 2 的电阻的比，修正依赖于温度的电阻变化的影响。另外，在看成是把依赖于温度的电阻变化的影响加到磁致电阻元件本来的电阻上得到的电阻时，也可以用检测参照用磁致电阻元件 2 的电阻和检测用磁致电阻元件 1 的电阻的差的电路。

利用判断检测用磁致电阻元件 1 的电阻和参照用磁致电阻元件 2 的电阻的比或差是否大于等于或者小于等于预定值的电路可以检测是否施加了大于等于特定的磁场的外部磁场。另外，在把外部磁场的强度作为数值检测时，也可以采用预先把检测用磁致电阻元件 1 的电阻和参照用磁致电阻元件 2 的电阻的比或差与外部磁场的关系作成表保存在存储器中，把检测时刻的电阻的比或差与表中的值比较参照，把结果输出的电路。

如上所述，在实施方式 1 中，由于在参照用磁致电阻元件 2 的感测磁的方向上从磁体 4 施加具有大于等于饱和磁场的强度的磁场，获得了其电阻实质上不受外部磁场 41 的影响，适合修正检测用磁致电阻元件 1 的依赖于温度的电阻变化等的参照用磁致电阻元件。

另外，由于在层结构的面方向上从磁体 4 向参照用磁致电阻元件 2 施加的磁场与固定层的磁化方向平行且具有大于等于饱和磁场的强度，所以参照用磁致电阻元件 2 的电阻成为最小值。由于该值是元件固有的值，与例如外加芯片电阻等而使用的场合相比，制作时的精度高，结果具有提高磁场检测装置的精度的效果。而在层结构的面方向上从磁体 4 向参照用磁致电阻元件 2 施加的磁场与固定层的磁化方向反平行且具有大于等于饱和磁场的强度时，参照用磁致电阻元件 2 的电阻成为最大值。此时，由于该值是元件固有的值，同样地也具有提高磁场检测装置的精度的效果。

另外，由于只在不感测磁的方向上从磁体 4 向检测用磁致电阻元

件 1 施加磁场，外部磁场 41 的检测不受磁体 4 的影响，所以具有检测电路简单的效果。虽然也可以在感测磁的方向上从磁体 4 向检测用磁致电阻元件 1 施加比饱和磁场小的磁场，但此时由于检测用磁致电阻元件 1 可以检测的外部磁场 41 的强度范围变更，检测电路必须有考虑了强度范围的变更的电路。

另外，由磁体 4 向参照用磁致电阻元件 2 施加的磁场十分强，则更强地束缚参照用磁致电阻元件 2 的自由层的磁化方向 34，所以具有减小参照用磁致电阻元件 2 的电阻对外部磁场的影响的效果。

在实施方式 1 中，检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2 使用了对在同样的基板 3 上形成的固定层、绝缘层、自由层进行图形加工制成的磁致电阻元件，但只要具有大致相同的层结构也可以在不同的基板上制作。但是很显然，在参照用磁致电阻元件 2 的依赖于温度的电阻变化尽可能地接近检测用磁致电阻元件 1 时，从修正的观点出发是好的。因此，检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2 用相同的工艺在相同的基板上同时形成是优选的。由于在上述的成膜法和光刻法中同时实施时偏差极小，几乎不会发生在磁电阻检测中成为问题的偏差，所以可以容易地获得大致相同的结构和特性。

另外，只要检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2 具有大致相同的层结构，也不一定要具有相同的形状。例如，也可以是参照用磁致电阻元件 2 具有这样的形状，即，在不施加磁场的状态下具有检测用磁致电阻元件 1 的一半电阻。此时也可以用检测电阻的比的电路修正依赖于温度的电阻变化的影响。

(实施方式 2)

图 7 是展示实施方式 2 的磁场检测装置的结构立体图。图 8 是从基板上方的 Z 轴方向看图 7 的磁场检测装置时的俯视图。实施方式 2 中，在实施方式 1 的结构的基础上，在与检测用磁致电阻元件的固定层的磁化方向 31 相同的方向上还配置了第 2 个参照用磁致电阻元件 5。参照用磁致电阻元件 2、5 和检测用磁致电阻元件 1 都是在同一基板 3 上制作的 TMR 元件。参照用磁致电阻元件 2 和参照用磁致电阻

元件 5 的固定层的磁化方向平行，从磁体 4 在层结构的面方向上施加的磁场的方向相反。

而且，在实施方式 2 中，基板 3 安装在布线用基板 6 上。虽然在图 6 中未示出，在布线用基板 6 上有如图 11 所示的修正依赖于温度的电阻变化的影响的检测电路，检测电路与各磁致电阻元件之间用引线键合等进行布线。在布线用基板 6 上还有在调整位置时测定各磁致电阻元件的电阻时使用的调整用电极 10，调整用电极 10 与各磁致电阻元件之间用引线键合等进行布线。

构成为，在无外部磁场时检测用磁致电阻元件 1 的自由层的磁化方向和参照用磁致电阻元件 2、5 的自由层的磁化方向与固定层正交。这种结构，可以通过例如把自由层构图成细长的长方形，利用形状各向异性实现，但是也可以通过在淀积铁磁性膜时施加磁场利用晶体的磁各向异性来实现，也可以通过在确定固定层的磁化方向后在适当的磁场中进行热处理，使自由层的磁化方向旋转来实现。

磁体 4 在检测用磁致电阻元件 1 的位置处形成的磁场与元件的膜结构垂直，即，是检测用磁致电阻元件 1 的不感测磁的方向。因此，检测用磁致电阻元件 1 的电阻不受磁体 4 的影响，随外部磁场变化。而磁体 4 对参照用磁致电阻元件 2、5 施加的磁场与元件的膜结构以一定角度相交。由于施加的磁场 H 有面内分量，由磁体 4 向参照用磁致电阻元件 2、5 在感测磁的方向上施加磁场。在向元件施加的磁场十分强、磁场 H 的面内分量比饱和磁场 (H_k) 大时，元件的电阻成为饱和区的电阻。如图 8 所示，自由层的磁化方向和固定层的磁化方向，在参照用磁致电阻元件 2 中平行，在参照用磁致电阻元件 5 中反平行，分别是最小值 (R_{min})，最大值 (R_{max})。另一方面，无外部磁场时的检测用磁致电阻元件 1 的磁化方向 32 与固定层的磁化方向垂直，有外部磁场时的检测用磁致电阻元件 1 的磁化方向 33 随外部磁场的方向变化。

图 9 是展示了由磁体 4 施加的磁场的强度与基板上的位置的关系的曲线图。使用的磁体是磁极为边长 5mm 的正方形平面，磁极间距

离 2mm 的钐钴磁体。磁体配置成从基板离开 3mm。如果使检测用磁致电阻元件 1 的尺寸小到几十微米见方的程度，在中心放置检测用磁致电阻元件 1 时，检测用磁致电阻元件 1 中面内方向的磁场几乎为零。如果从检测用磁致电阻元件 1 离开 2mm，在两侧配置参照用磁致电阻元件 2、5，则在参照用磁致电阻元件 2、5 上施加约 290Oe 的磁场。例如在使用具有图 3 的特性的 TMR 元件时，该磁场对于使参照用磁致电阻元件 2、5 饱和是足够的。

检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2、5，通过用相同的形状、相同的工艺制作，以温度特性为首的元件的结构和特性大致相等。因此，检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2、5 的依赖于温度的电阻变化是同样的。对于检测用磁致电阻元件 1 的电阻值，用参照用磁致电阻元件 2、5 的电阻值 R_{min} 、 R_{max} 、 H_k 的值可以修正磁致电阻元件的依赖于温度的电阻变化的影响，可以高精度地求出外部磁场。

下面，说明修正依赖于温度的电阻变化的影响的外部磁场的检测动作。图 10 是展示了简略化的 TMR 元件的外部磁场-元件电阻的关系的曲线图。图 10 中，施加外部磁场 H （其中， $-|H_k| \leq H \leq |H_k|$ ）时的检测用磁致电阻元件的电阻 R_d 为：

$$R_d = R_{min} + (R_{max} - R_{min}) (H/2|H_k| + 1/2),$$

$$\text{从而, } (R_d - R_{min}) / (R_{max} - R_{min}) = (H/2|H_k|) + 1/2.$$

另外，由于 $(R_d - R_{min})$ 和 $(R_{max} - R_{min})$ 是磁致电阻元件间的电阻的差，依赖于温度的电阻变化的部分被消除。

图 11 是修正依赖于温度的电阻变化的影响的外部磁场的检测电路的结构图。如图 11 所示，检测用磁致电阻元件 1、参照用磁致电阻元件 2、5 与恒流源 204 连接，从而在各元件中流过相同的电流。虽然磁致电阻元件的电阻变化导致其电流值变化，但通过在恒流源 204 和磁致电阻元件之间插入具有比磁致电阻元件足够大的电阻值的电阻 210，在磁致电阻元件中流过的电流成为实质上相同的电流值。另外，使参照用磁致电阻元件 2 为 R_{min} ，参照用磁致电阻元件 5 的电阻为

R_{max} 。因此，通过用差动放大电路 206 把检测用磁致电阻元件 1 两端的电压与参照用磁致电阻元件 2 两端的电压的差放大，并用另一差动放大电路 207 把参照用磁致电阻元件 2 两端的电压与参照用磁致电阻元件 5 两端的电压的差放大，用乘除运算电路 203 进行运算，求得 $(R_d - R_{min}) / (R_{max} - R_{min})$ 的值。由于从上式可知，该值与 $(H/2|H_k|) + 1/2$ 相等，而且 $|H_k|$ 是已知的，所以利用该电路可以修正依赖于温度的电阻变化的影响而检测出外部磁场 H 。

以上那样的检测电路，也可以象实施方式 1 那样不是在布线用基板 6 上，而是与磁致电阻元件同样地设置在基板 3 上，而且也可以设置在布线用基板 6 和基板 3 的外部。设置在同一基板上时，可以降低磁致电阻元件和初级的放大器间的长的布线导致的噪声，更加提高检测精度。

另外，作为温度修正和求外部磁场的方法，也可以不设置专用的检测电路，而是利用通过与调整用电极 10 连接的电阻计等读取各磁致电阻元件的电阻值，把该值输入通用计算机等来计算各磁致电阻元件的电阻值的差或比的方法。

另外，此处是利用取参照用磁致电阻元件 2 的电阻值 R_{min} 或 R_{max} 与检测用磁致电阻元件 1 的电阻值 R 的差的电路，修正依赖于温度的电阻变化的影响，但是即使是利用取参照用磁致电阻元件 2 的电阻值与检测用磁致电阻元件 1 的电阻值的比的电路，也可以修正依赖于温度的电阻变化的影响。

在磁场检测装置的制造中，必须高精度地确定磁体的位置和检测用磁致电阻元件的位置。作为其一例，以下面的步骤进行磁体的定位。首先，在检测用磁致电阻元件 1、参照用磁致电阻元件 2、5 中分别流过恒电流，测定两端的电压。由于参照用磁致电阻元件 2、5 都处于饱和区，两端的电压是基于 R_{min} 、 R_{max} 的电压，即使磁体位置稍微移动它们的值也几乎不变化。检测用磁致电阻元件 1 的电阻虽然随着磁场的变化有很大的变化，但在不施加磁场时， $R = (R_{min} + R_{max}) / 2$ 。由此，只要调整磁体位置而设置成 $R = (R_{min} + R_{max}) / 2$ ，磁体产生

的磁场的方向就是检测用磁致电阻元件 1 的不感测磁的方向。

因此，只要把磁体和检测用磁致电阻元件 1 的相对位置调整成，与固定层的磁化方向平行地施加了大于等于饱和磁场的磁场的参照用磁致电阻元件 2 的电阻值、和与固定层的磁化方向反平行地施加了大于等于饱和磁场的磁场的上述参照用磁致电阻元件 5 的电阻值的平均值，与检测用磁致电阻元件的电阻值相等，就可以容易地实现仅在对检测用磁致电阻元件 1 不感测磁的方向上从磁体施加磁场。

在上述中，把与固定层的磁化方向平行地施加了大于等于饱和磁场的磁场的参照用磁致电阻元件 2 的电阻值、和与固定层的磁化方向反平行地施加了大于等于饱和磁场的磁场的上述参照用磁致电阻元件 5 的电阻值的平均值，作为检测用磁致电阻元件 1 和磁体 4 的相对位置调整中使用的参照值，但也可以不是平均值。例如，也可以把对与固定层的磁化方向平行地施加了大于等于饱和磁场的磁场的参照用磁致电阻元件 2 的电阻值、和与固定层的磁化方向反平行地施加了大于等于饱和磁场的磁场的参照用磁致电阻元件 5 的电阻值，分别加权后再平均得到的值作为参照值。而且，也可以把对平均值进行某一定值的补偿 (offset) 后得到值，或者在平均值上乘上与参照用磁致电阻元件的电阻值和检测用磁致电阻元件的面积比相关联的系数后得到的值作为参照值。

另外，作为磁场检测装置的其它制造方法，有使用未磁化的磁性材料的方法。图 12 是使用了未磁化的磁性材料的磁场检测装置的制造方法的中间阶段的立体图。首先，在电路基板 6 上粘接基板 3，用引线键合等进行各磁致电阻元件和调整用电极 10 之间的电极布线。然后如图 12 所示，把未磁化的磁性材料 9 配置在磁场检测装置上，隔着基板 3 从相反侧靠近中心检测用磁体 15。该中心检测用磁体 15 被磁化成可以在与基板 3 垂直的方向上施加磁场，且制作成足够大以可以向磁场检测装置施加同样的磁场，但设置成施加不能使未磁化的材料 9 磁化的程度的弱的磁场。如果这样，由于由中心检测用磁体 15 产生的磁场以集中在未磁化的磁性材料 9 上的方式流动，只要检测用磁致电

阻元件 1 和磁体没有垂直配置,则在检测用磁致电阻元件 1 中产生元件面内方向的磁场,可以作为电阻的偏离检测出来。一边进行该检测一边微调未磁化的磁性材料的位置,然后固定。最后,只要向未磁化的材料 9 施加足够大的磁场进行磁化就成为磁体,完成所想要的磁场检测装置。

另外,还可以用其它的方法制作磁场检测装置。例如,也可以通过利用例如光学定位精密地匹配磁体 4 的位置和检测用磁致电阻元件 1 的位置来形成。也可以先把磁体 4 和基板 3 高精度地粘接起来,然后再配置在电路基板 6 上。还可以把预先磁化了的磁体 4 高精度地配置在基板 3 上进行固定。

另外,实施方式 2 中,参照用磁致电阻元件 2 和参照用磁致电阻元件 5 的固定层的磁化方向平行,从磁体在层结构的面方向上施加的磁场与固定层的磁化方向平行和反平行,即呈相反方向。但是,只要具有固定层的磁化方向平行,从磁体在层结构的面方向上施加的磁场的方向相反的多个参照用磁致电阻元件,从磁体向参照用磁致电阻元件施加的磁化方向也可以不一定与固定层的磁化方向平行或反平行。在不与固定层的磁化方向平行或反平行时,参照用磁致电阻元件的电阻值不固定在最小值或最大值,但把从磁体在层结构的面方向上施加的磁场方向相反的两个参照用磁致电阻元件的电阻值平均后,与外部磁场为零时的电阻值相同,可以修正检测用磁致电阻元件 1 的电阻值。

(实施方式 3)

图 13 是展示实施方式 3 的结构的磁场检测装置的剖面图。基板 3 上的检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2、5 与实施方式 2 相同,但还具有两面备有平面部分的非磁性板 18。非磁性板 18 的一个平面部分与磁体的磁极端面密接地配置,非磁性板 18 的另一个平面部分与检测用磁致电阻元件 1 的基板 3 密接地配置。

磁体 4 的磁极端面是与磁场垂直的平面部分,检测用磁致电阻元件 1 的基板 3 与检测用磁致电阻元件 1 的膜结构平行。因此,如果把基板 3 或磁体 4 调整成与非磁性板 18 的平面部分平行,把由磁体 4

向检测用磁致电阻元件 1 施加的磁场调整成不感测磁的方向即与膜结构垂直就变得容易。另一方面,对参照用磁致电阻元件 2、5 在感测磁的方向上施加磁场也变得容易。

(实施方式 4)

图 14 是展示了实施方式 4 的磁场检测装置的结构立体图。在实施方式 4 中,是在实施方式 2 的结构中,如图 14 所示,在磁体和检测用磁致电阻元件之间设置了磁通导板 14 以覆盖检测用磁致电阻元件 1 和参照用磁致电阻元件 2、5。磁通导板 14 是用导磁率高的材料制成的用来收拢磁通的方向的部件,在此作为导磁率高的材料使用了坡莫合金。在磁通导板 14 和布线基板 6 之间有绝缘材料 7,把磁通导板 14 和布线基板 6 电绝缘。在图 14 中,如果把连接参照用磁致电阻元件 2、5 的位置的方向作为 Y 方向,把与基板 3 平行且与 Y 方向垂直的方向作为 X 方向,则要检测的外部磁场 41 的方向为 Y 方向。

此时,利用磁通导板 14 的作用可以抑制来自除外部磁场以外的外部杂乱磁场的影响。而且,通过调节磁通导板 14 的位置和检测用磁致电阻元件 1 的位置的关系,可以在检测用磁致电阻元件 1 的位置偏离时减小由磁体 4 向检测用磁致电阻元件 1 施加的磁场强度。

例如,在没有磁通导板 14 的实施方式 2 中,检测用磁致电阻元件 1 的位置偏离了 0.1mm 时,向检测用磁致电阻元件 1 施加约 170Oe 的磁场。图 15 是展示在离基板 0.9mm 的位置插入了具有高 2mm、X 方向长度 3mm 的剖面, Y 方向长度 5mm 的磁通导板的实施方式 4 的结构剖面图。图 16 是展示了在图 15 的结构中有磁通导板 14 和无磁通导板 14 时,基板上的 X 方向的位置与磁场的强度的关系的曲线图。通过具有磁通导板 14,磁体的位置和磁场强度的关系成为平坦的。另外,在图 16 中, X 方向的偏离 0.1mm 导致的磁场强度的变化量为 0.5Oe, Y 方向的偏离 0.1mm 导致的磁场强度的变化量也可以减小到 4.4Oe。此时向在 Y 方向上偏离 2mm 的参照用磁致电阻元件 2 施加的磁场为 183Oe,可以施加与未插入磁通导板 14 时同样的饱和磁场。

即使磁通导板 14 不位于参照用磁致电阻元件 2、5 与磁体 4 之间,

只要位于检测用磁致电阻元件 1 与磁体 4 之间即可，此时，磁通导板 14 的插入具有缓和检测用磁致电阻元件 1 和磁体 4 的位置偏离的影响，使磁场检测装置的制造变得容易的效果。还具有抑制来自除外部磁场以外的外部杂乱磁场的影响的效果。

另外，磁通导板 14 的位置和尺寸并不仅限于此，在磁体 4 的强度、尺寸、检测用磁致电阻元件 1 与参照用磁致电阻元件 2、5 间的距离变化时当然也可以变更。另外，尽管使用了剖面为“工”字形状的磁通导板 14，但也可以是厚板状等的其它形状。

(实施方式 5)

图 17 是展示实施方式 5 的磁场检测装置的结构立体图。图 18 是从基板 3 上方的 Z 轴方向看图 17 的磁场检测装置的结构时的俯视图。实施方式 5 中，在实施方式 2 的结构的基础上，还在与检测用磁致电阻元件 1 的固定层的磁化方向 32 垂直的两个方向上从检测用磁致电阻元件 1 的位置隔开间隔设置参照用磁致电阻元件 20、21。

如图 18 所示，在参照用磁致电阻元件 20、21 上，分别在层结构的面上从磁体 4 施加与固定层的磁化方向垂直的磁场。由于在层结构的面上从磁体 4 施加的磁场比参照用磁致电阻元件 20、21 的饱和磁场大，各自的自由层的磁化方向 37、39 被固定成与固定层的磁化方向垂直。

自由层的磁化方向与固定层的磁化方向垂直时的电阻与外部磁场 41 为零时的电阻相等。从参照用磁致电阻元件 20 或参照用磁致电阻元件 21 中的一个电阻也可以利用该结构取得参照用磁致电阻元件 20 和 21 的电阻的平均值，由此可以更高精度地求得从外部施加的磁场为零时的电阻。通过在实施方式 1 的差动放大电路 203 的单侧使用该值可以高精度地在零磁场附近检测磁场。

该实施方式 3 这样的，还具有在层结构的面上从磁体 4 施加的磁场与固定层的磁化方向垂直的参照用磁致电阻元件 20、21 的结构，由于可以把施加磁场为零时的电阻作为校正用的电阻获得，尤其对于以更高精度检测弱磁场是有效的。

虽然在上述实施方式 1~5 中记载的磁场检测装置中作为磁致电阻元件使用了具有自旋阀结构的元件,但也可以使用固定层具有 SAF 结构的元件代之。此时,通过具有 SAF 结构,可以减小从固定层泄漏的磁场,抑制外部磁场导致的固定层的磁化方向的微动,使检测精度更高。另外,尤其在实施方式 2 的参照用磁致电阻元件 20、21 那样的从磁体 4 施加的磁场的方向与固定层的磁化方向不平行时,该结构的效果更加显著。

(实施方式 6)

图 19 是展示实施方式 6 的磁场检测装置的结构立体图。图 21 是从图 19 的基板面上方的 Z 轴方向看时的俯视图。该磁场检测装置为,在实施方式 1 中,用 AMR (各向异性磁致电阻) 元件置换检测用磁致电阻元件和参照用磁致电阻元件,变更磁体 4、检测用磁致电阻元件、参照用磁致电阻元件的相互位置而得到的。在此使用的 AMR 元件的层结构虽然不是自旋阀结构,但在层结构中包含铁磁性层、利用磁性层的磁化方向的变化使电阻变化这一点,和在与膜结构垂直的方向上不感测磁这一点上与 TMR 元件和 GMR 元件相同。在 AMR 元件中有些元件在与检测电流平行的方向上实质上不感测磁。在实施方式 6 中,在检测用磁致电阻元件 51 和参照用磁致电阻元件 52 中使用在与检测电流平行的方向上不感测磁的 AMR 元件。磁体 4 配置成连接其 N 极中心和 S 极中心的轴与检测用磁致电阻元件 51 的检测电流的方向大致一致。另一方面,如从图 20 看出的那样,参照用磁致电阻元件 52 配置成来自磁体 4 的磁场在与检测电流大致垂直的方向上。

由于由磁体 4 对检测用磁致电阻元件 51 施加的磁场与检测电流方向 30 平行,对检测用磁致电阻元件 51 的电阻没有影响。另一方面,在参照用磁致电阻元件 52 中,通过由磁体 4 在感测磁的方向上施加比饱和磁场足够大的强度的磁场,参照用磁致电阻元件 52 的电阻实质上被固定在饱和磁场时的电阻。虽然施加外部磁场 41 时检测用磁致电阻元件 51 的电阻变化,但参照用磁致电阻元件 52 的电阻不变化。因此,利用 AMR 元件也可以利用参照用磁致电阻元件 52 的电阻修正检测用

磁致电阻元件 51 的依赖于温度的电阻变化的影响。

通过象以上的实施方式 1~6 那样,成为这样的磁场检测装置,即,包括:磁体;具有包含铁磁性层的层结构、且电阻随该铁磁性层的磁化方向的变化而变化的检测用磁致电阻元件;以及具有与检测用磁致电阻元件大致相同的层结构的参照用磁致电阻元件,在参照用磁致电阻元件的铁磁性层的感测磁的方向上从上述磁体施加具有大于等于饱和磁场的强度的磁场,由此可以实现具有不设置磁屏蔽的参照用磁致电阻元件的磁场检测装置。如果使用该磁场检测装置,则可以抵消温度特性等特性的偏差,高精度地求出外部磁场。

在上述的实施方式 1~6 中,作为检测用磁致电阻元件和参照用磁致电阻元件使用了 TMR 元件或 AMR 元件,但只要是铁磁性层的磁化方向受外部磁场的影响,元件的电阻变化的磁致电阻元件,也可以是 GMR 元件,还可以是其它磁致电阻元件。此时,通过从磁体在感测磁的方向上施加具有大于等于上述铁磁性层的饱和磁场的强度的磁场,也可以获得电阻不随外部磁场变化的参照用磁致电阻元件,所以也具有本发明的效果。

另外,也可以在检测用磁致电阻元件上施加具有在磁体感测磁的方向上小于铁磁性层的饱和磁场的强度的磁场。此时,虽然成为在要检测的外部磁场上施加了由磁体偏置的磁场的状态,但此时获得电阻不随外部磁场变化的参照用磁致电阻元件的本发明的效果也是有效的。

另外,上述实施方式 1~6 中所述的磁体是永磁体,但也可以是电磁体或螺线线圈等的其它磁通产生单元。另外,上述实施方式 1~3 中所述的磁场检测以外部磁场作为对象进行说明,但是该外部磁场也可以是伴随着已磁化了的磁性体的旋转或移动的磁场的变化,也可以是由线圈或铜线等的电流的变化导致的磁场的变化。另外,例如,也可以是检测由磁场检测装置具有的磁体产生的磁场伴随着由软磁性体构成的被检测物的移动或旋转变化的量,检测被检测物的移动量或旋转角的传感器。此时,虽然由于被检测物的移动或旋转在参照用磁致

电阻元件上施加的磁场强度变化,但通过使由磁体施加的磁场足够大,可以使电阻的变化量实质上为零。

另外,虽然在实施方式1~6中所述的磁体使用了磁极端面为正方形的棒磁体,但也可以是磁极端面为圆形的棒磁体、磁极端面为环状的棒磁体。此时,由于只要在棒磁体的中心轴上配置检测用磁致电阻元件1,即使磁体旋转,对参照用磁致电阻元件2施加的磁场也不变化,所以磁场检测装置的制造变得容易。磁体的形状也可是六角柱形。另外,施加磁场的磁体也可以取代钐钴磁体,而采用铁氧体磁体,铝镍钴合金(Alnico)磁体、钕磁体、耦合(bond)磁体也可以。

图1(a)

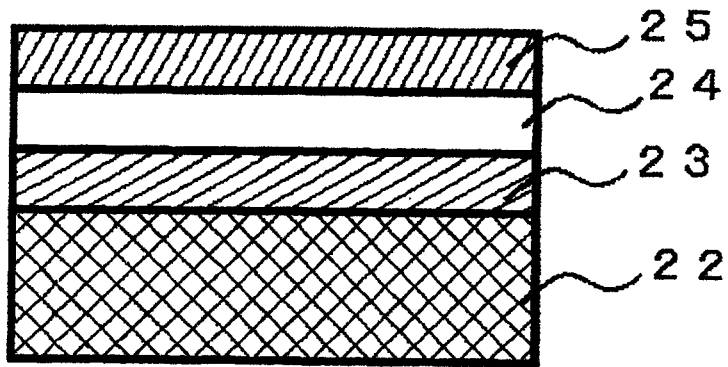


图1(b)

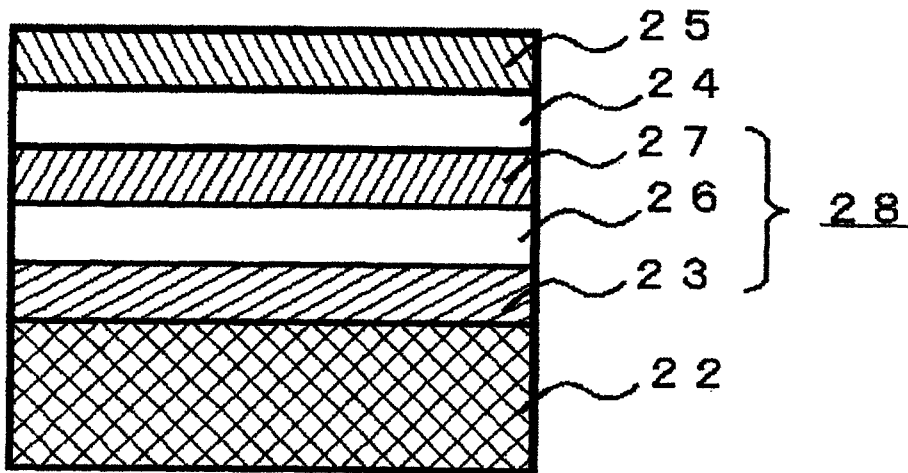


图 2

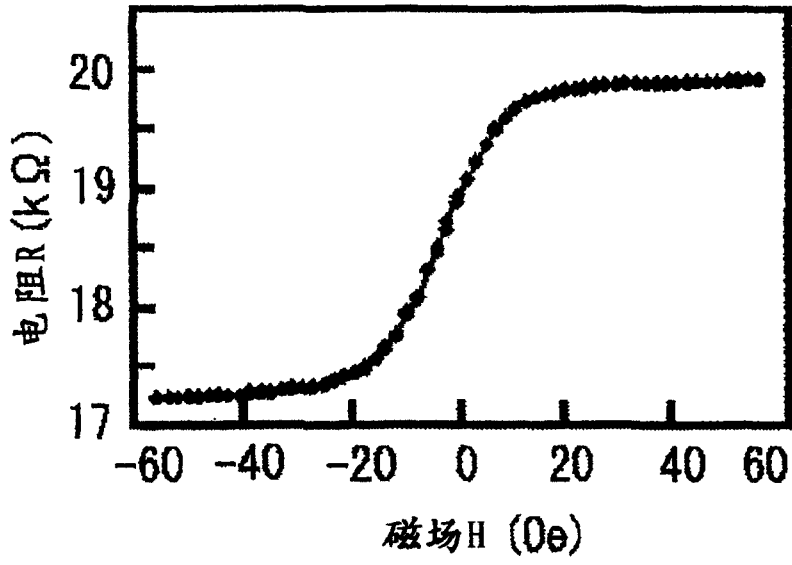


图 3

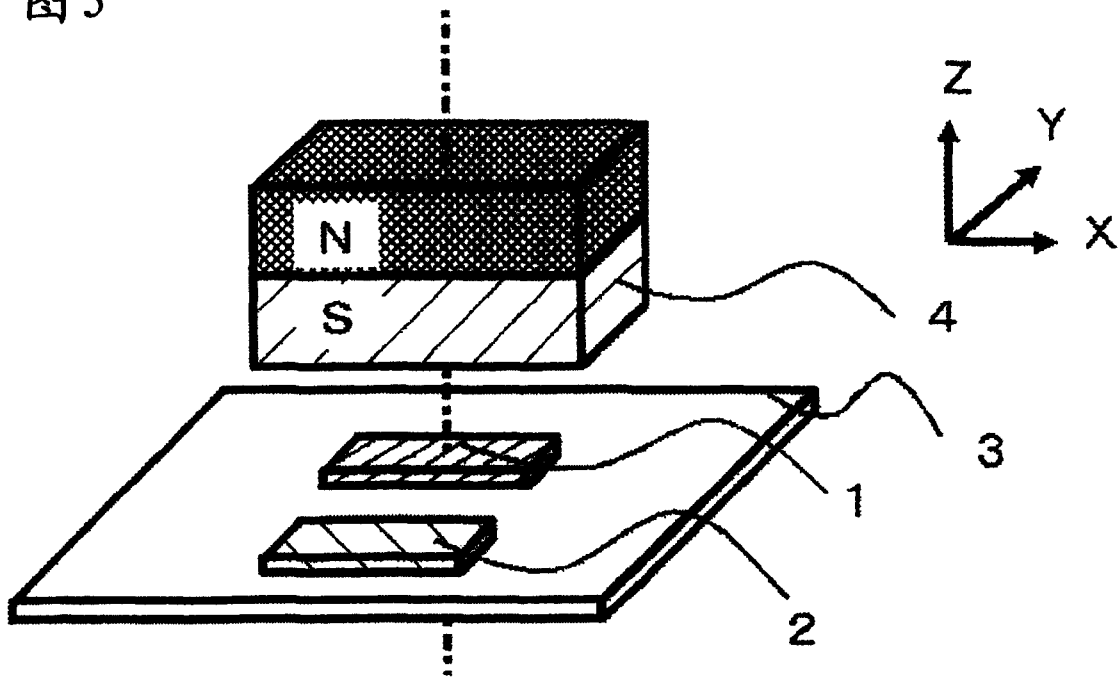


图 4

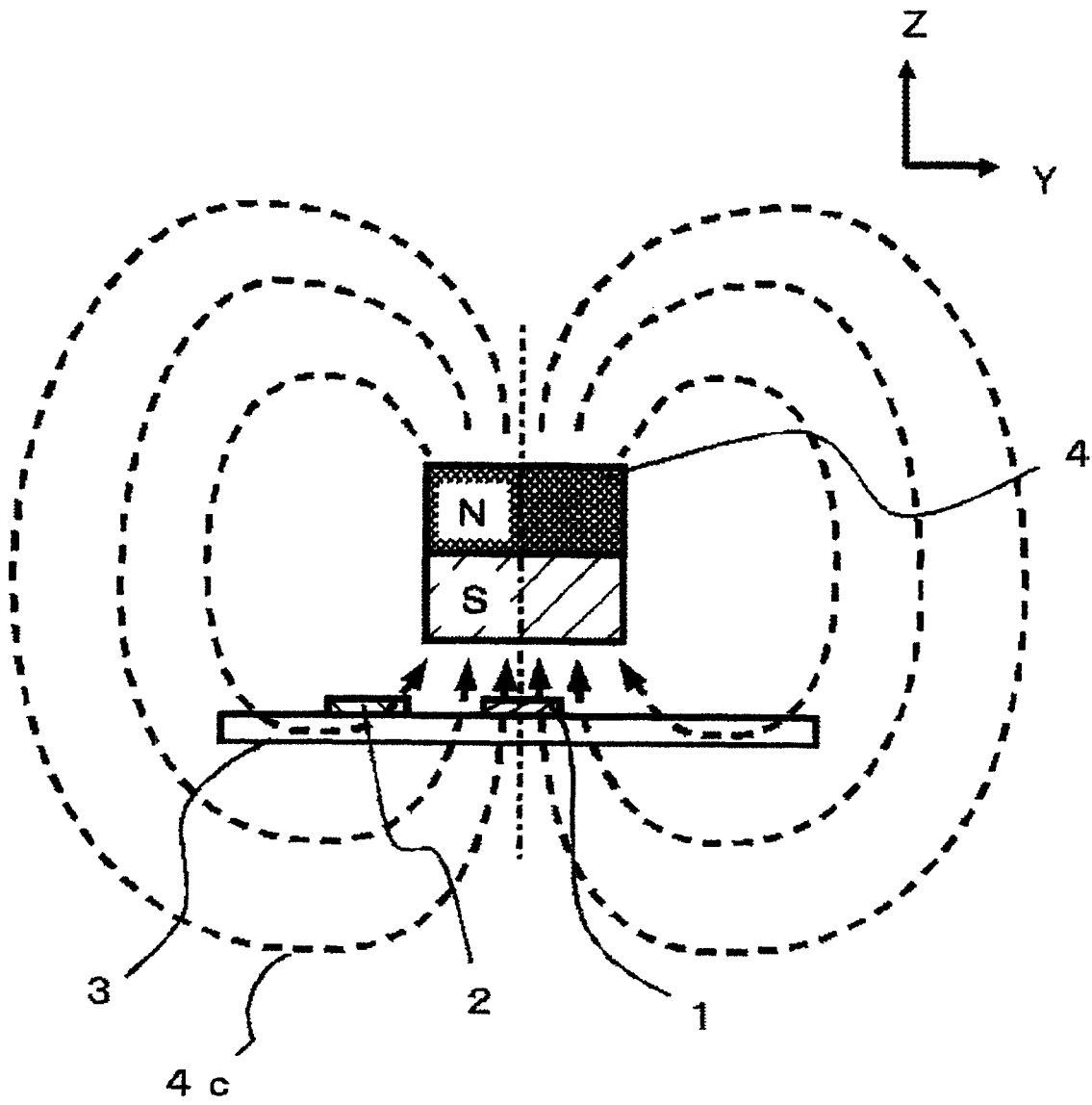


图5

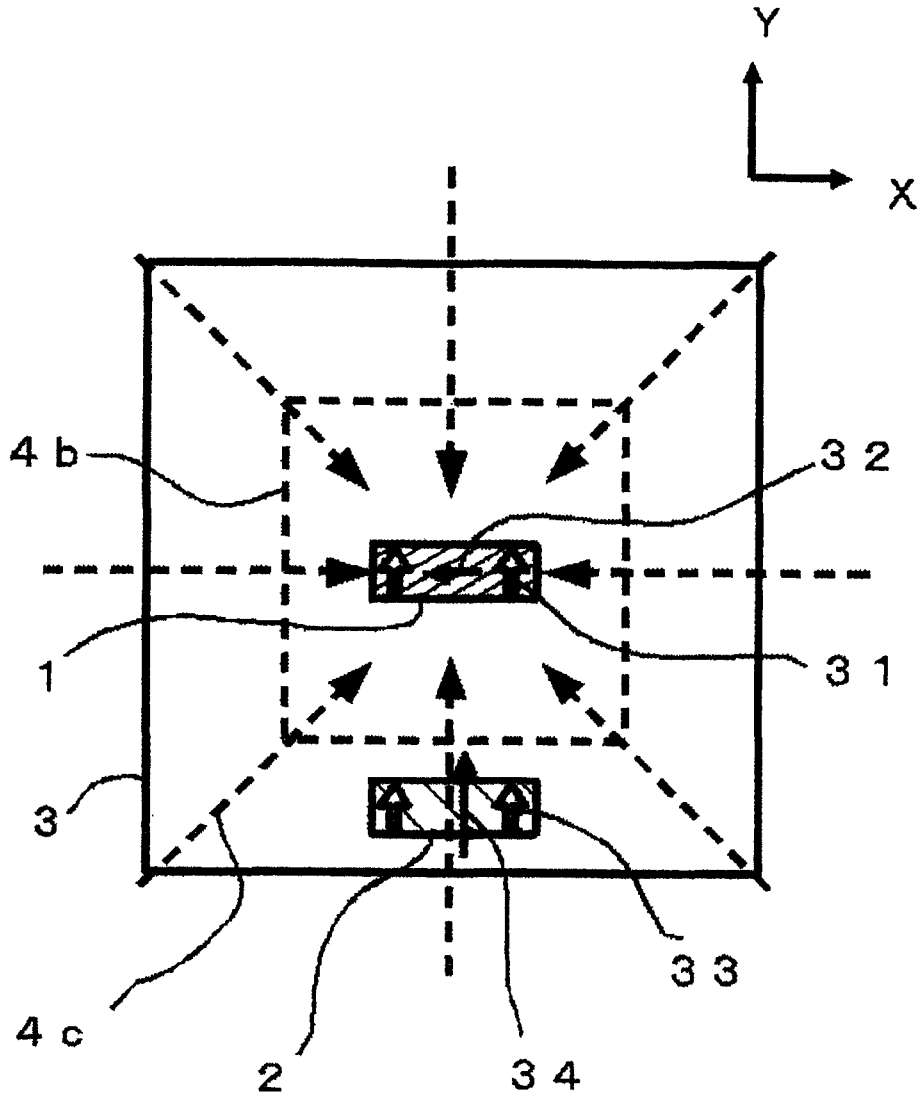


图6

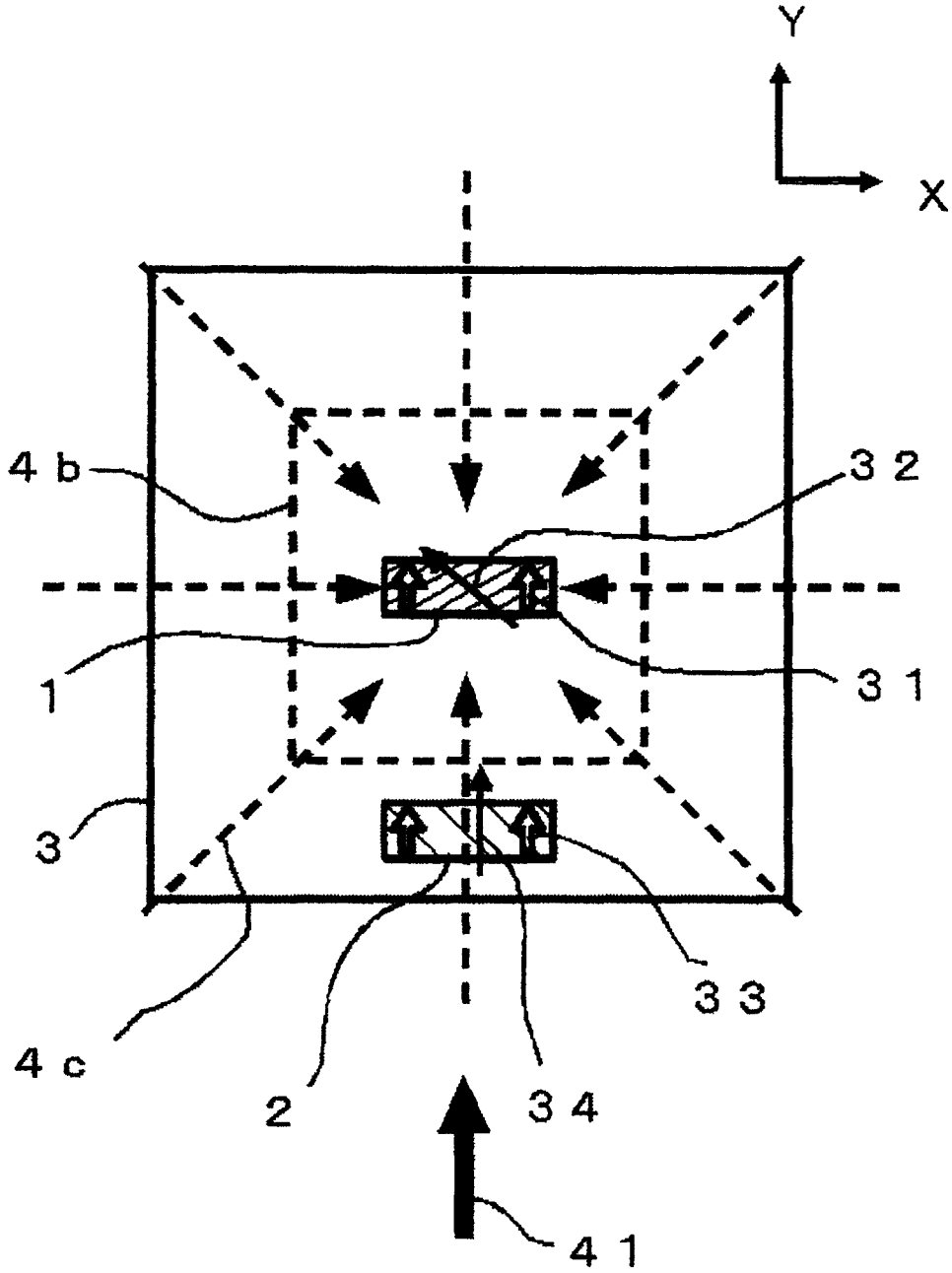


图7

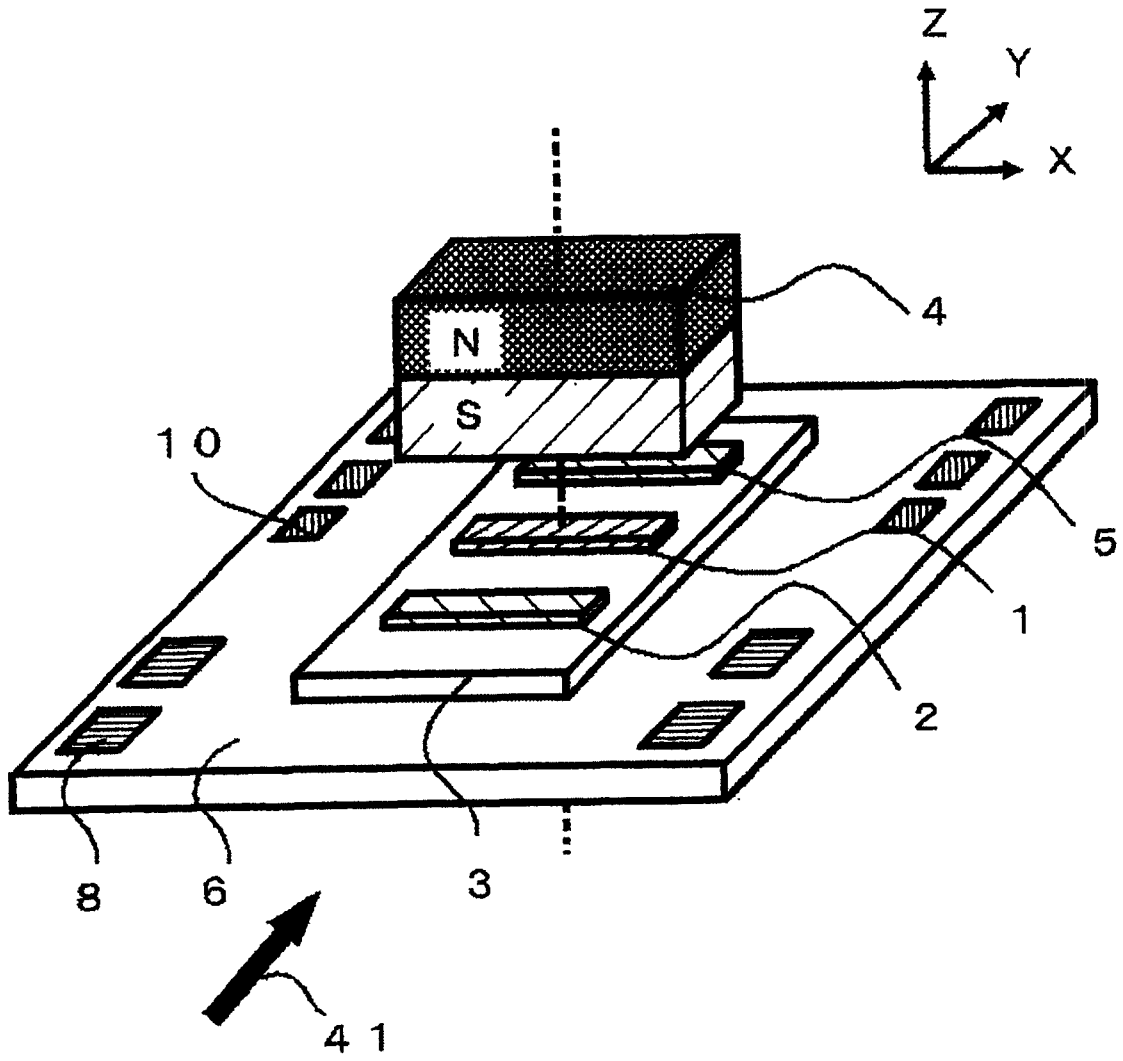


图8

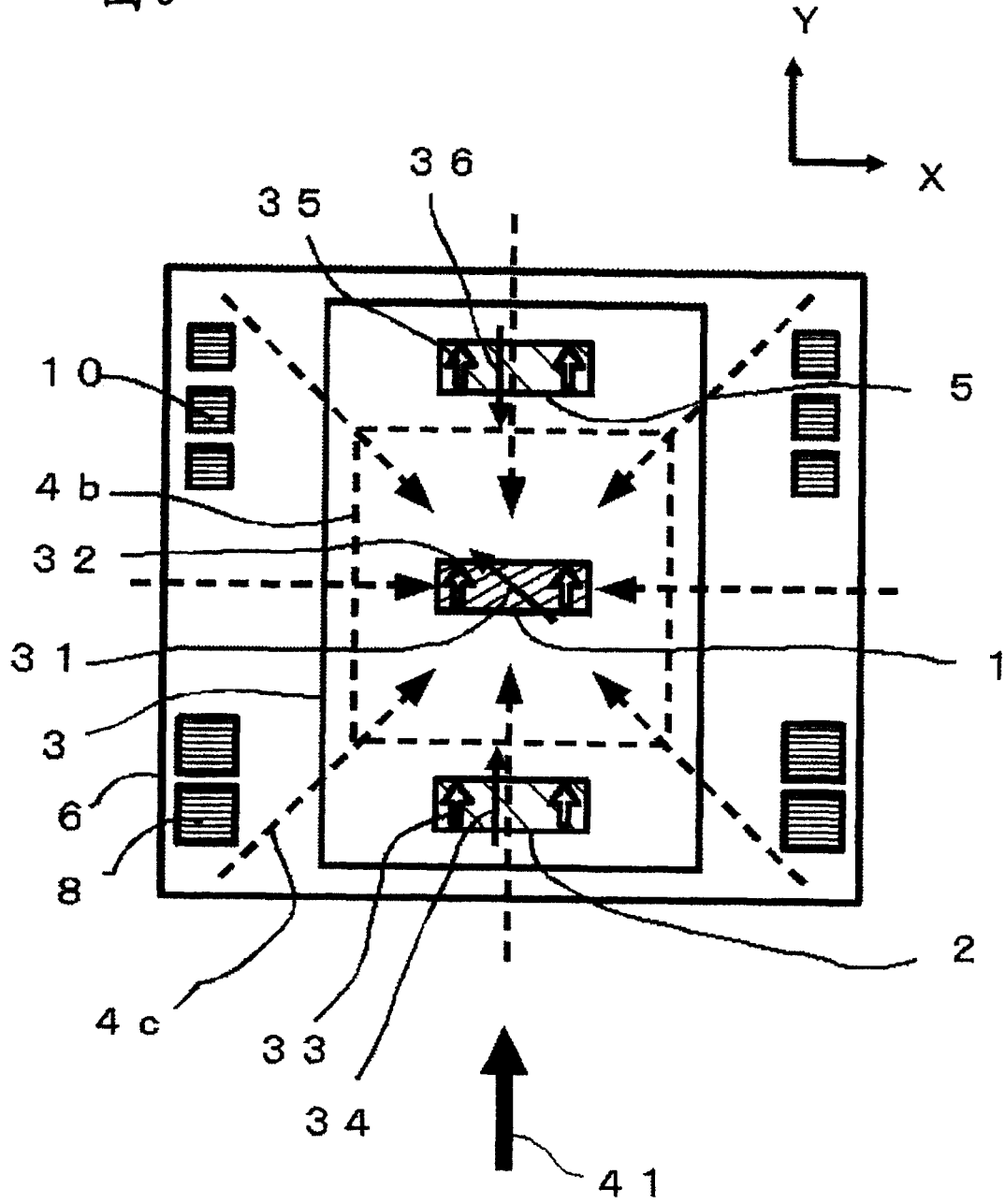


图9

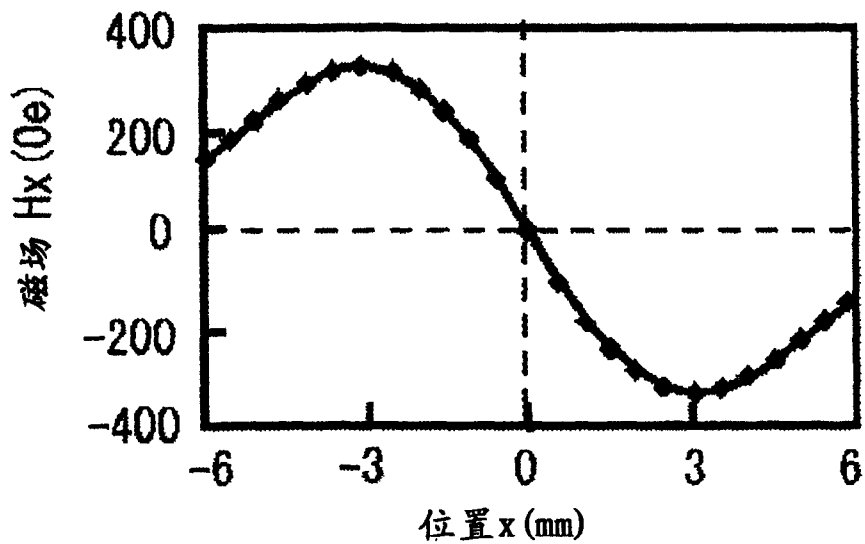


图10

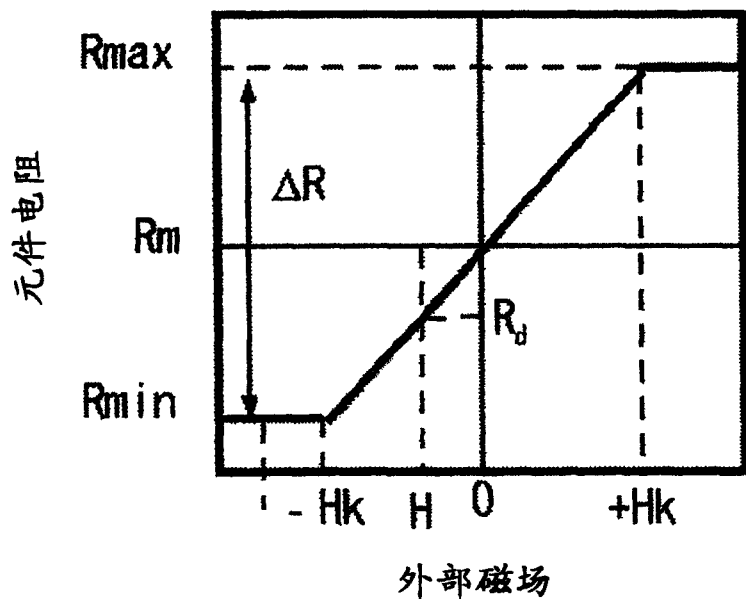


图11

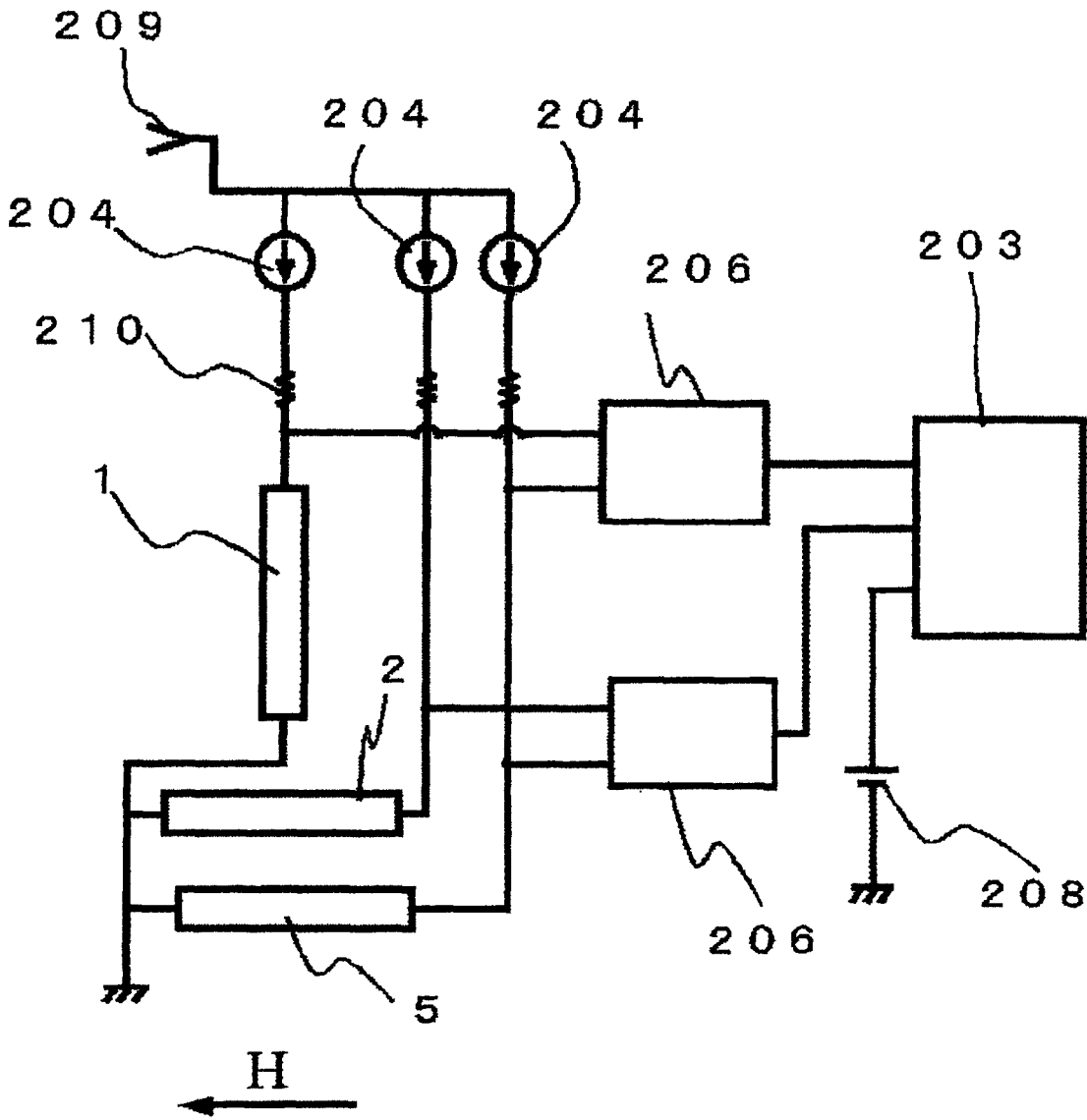


图12

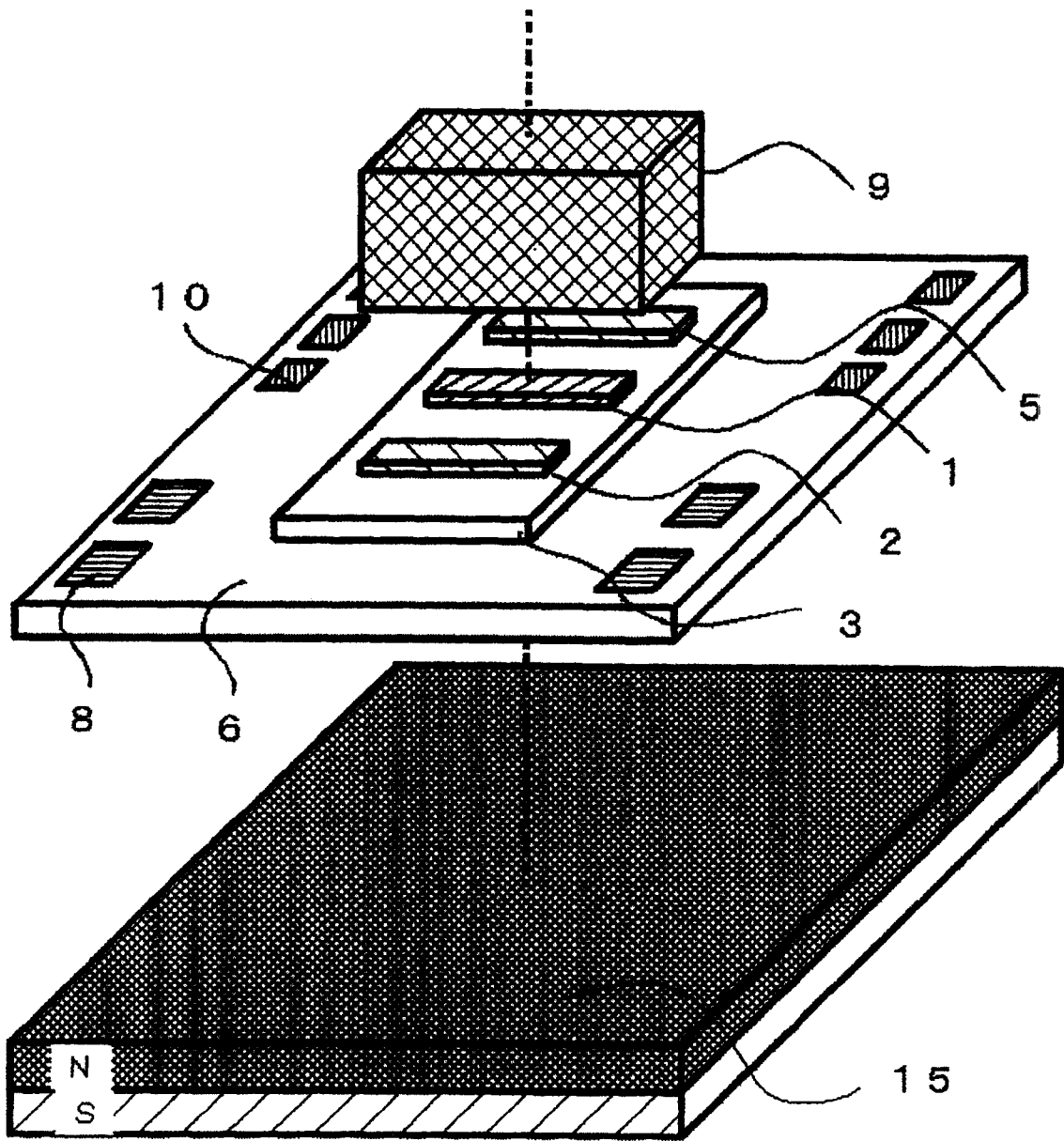


图13

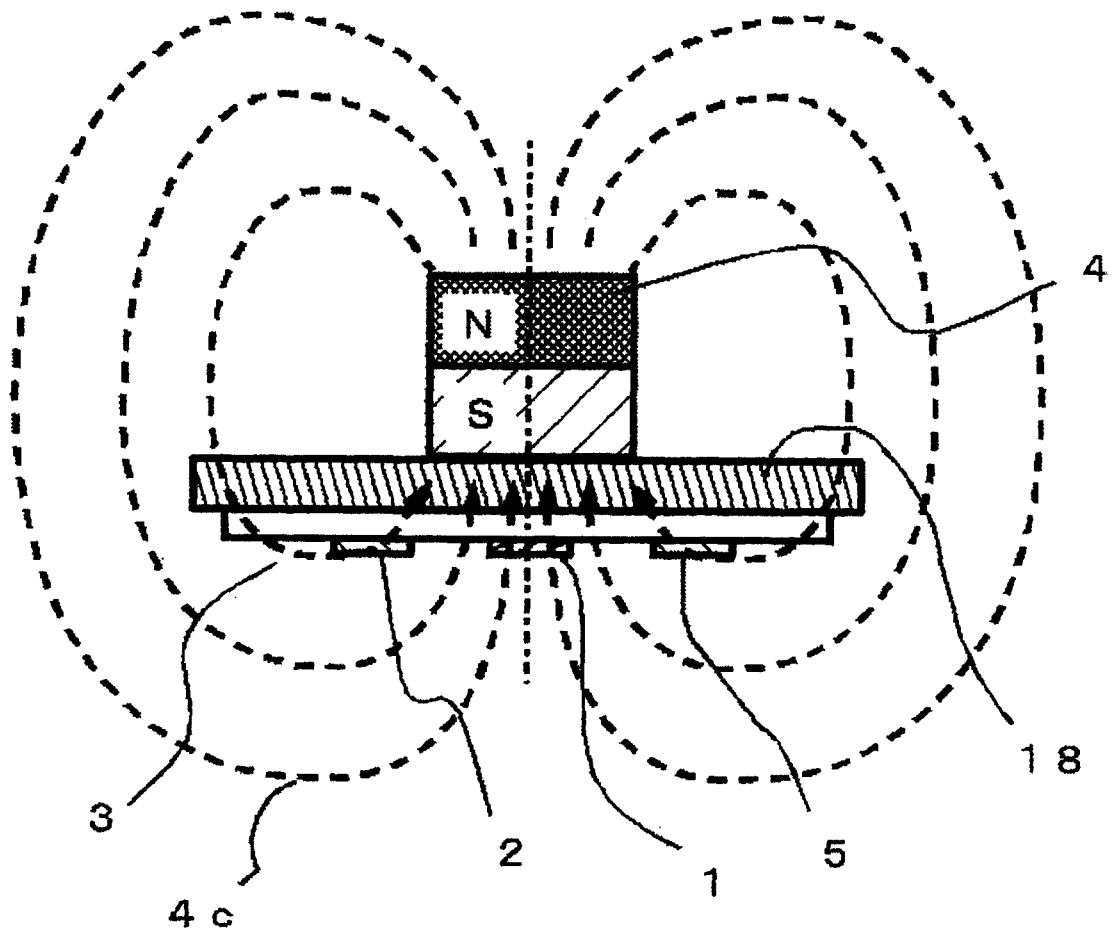


图14

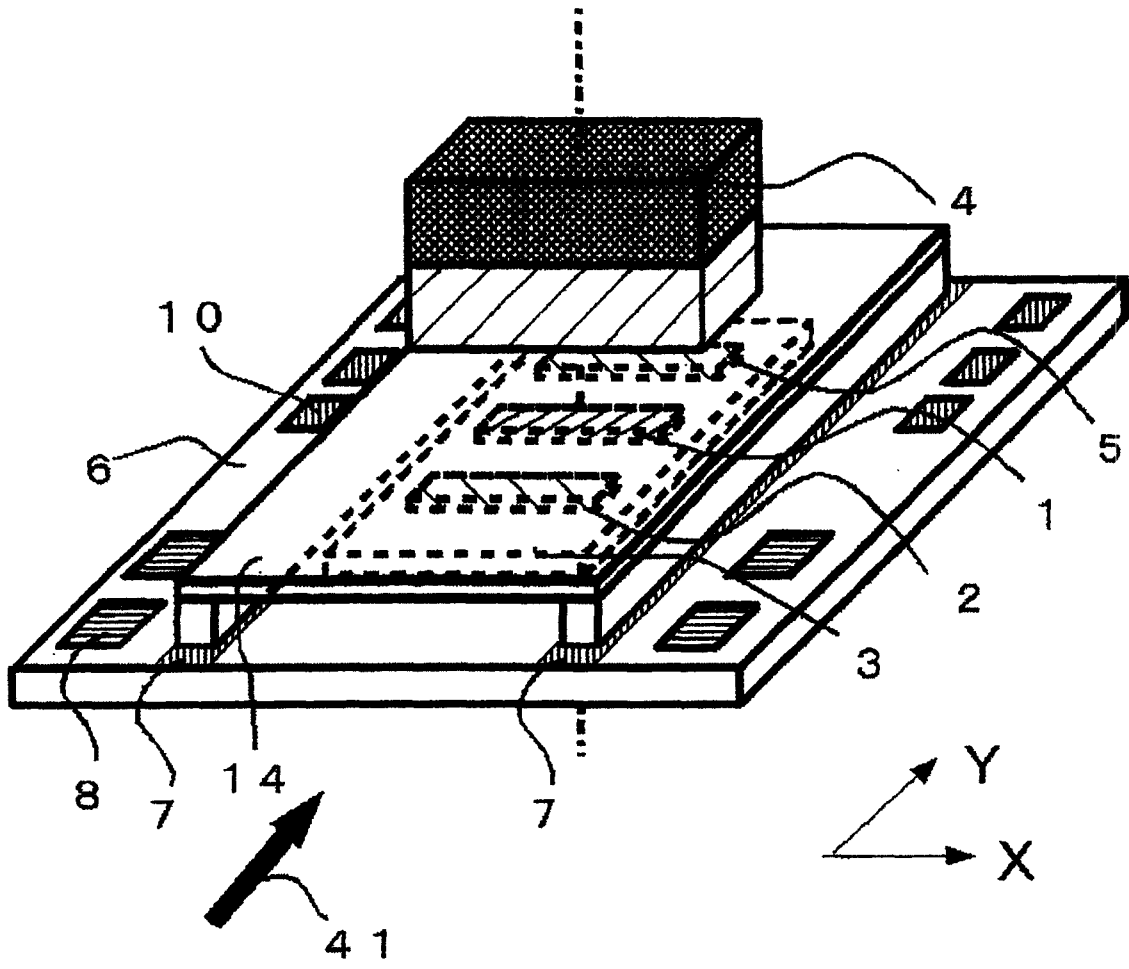


图15

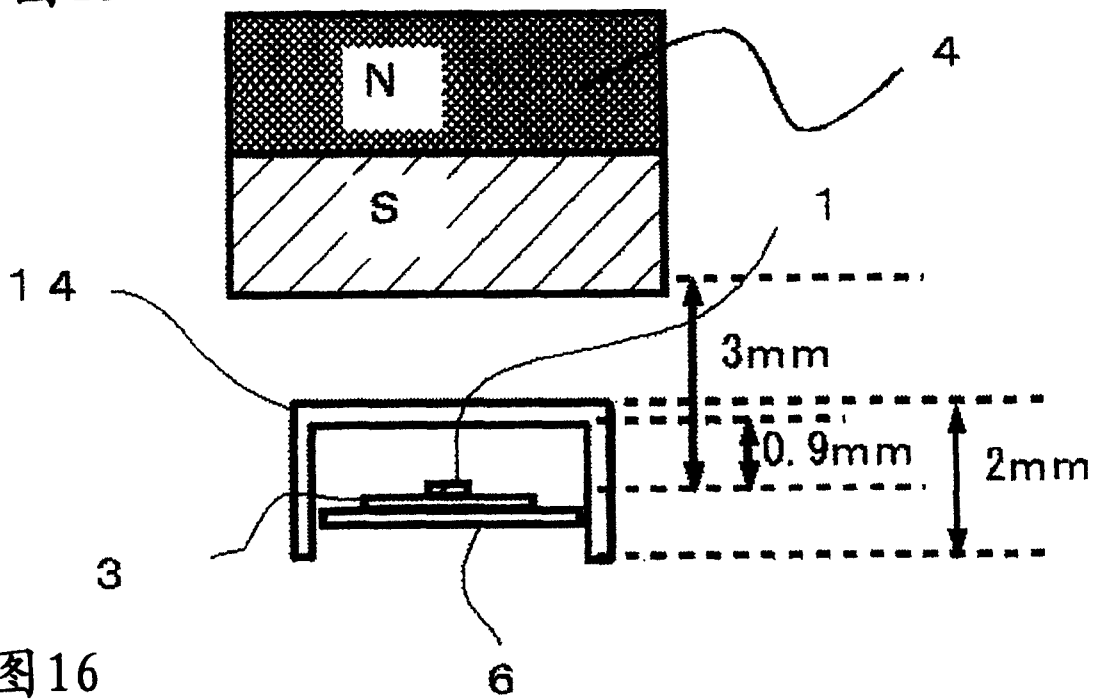


图16

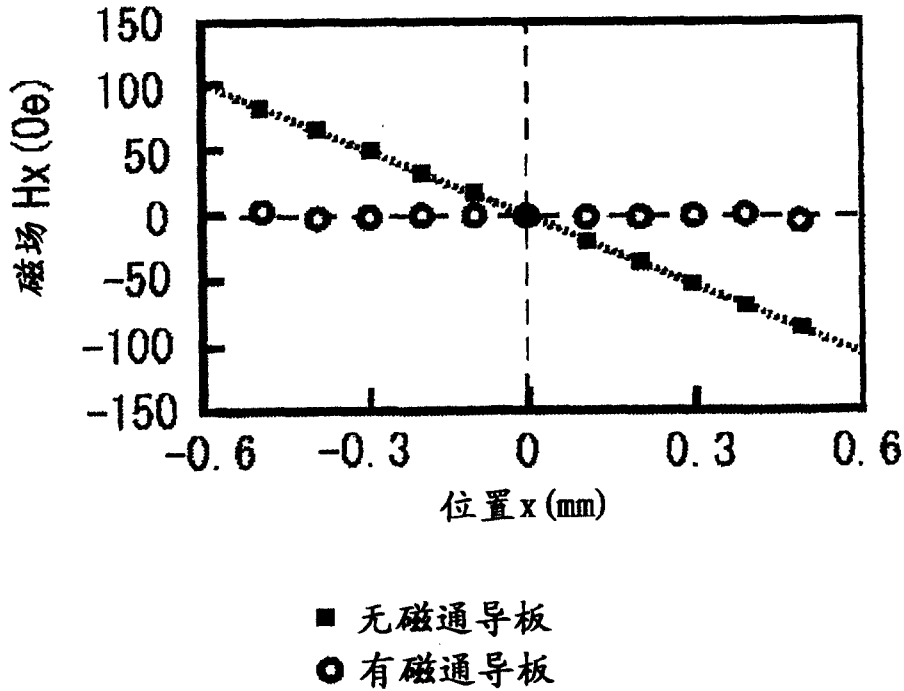


图17

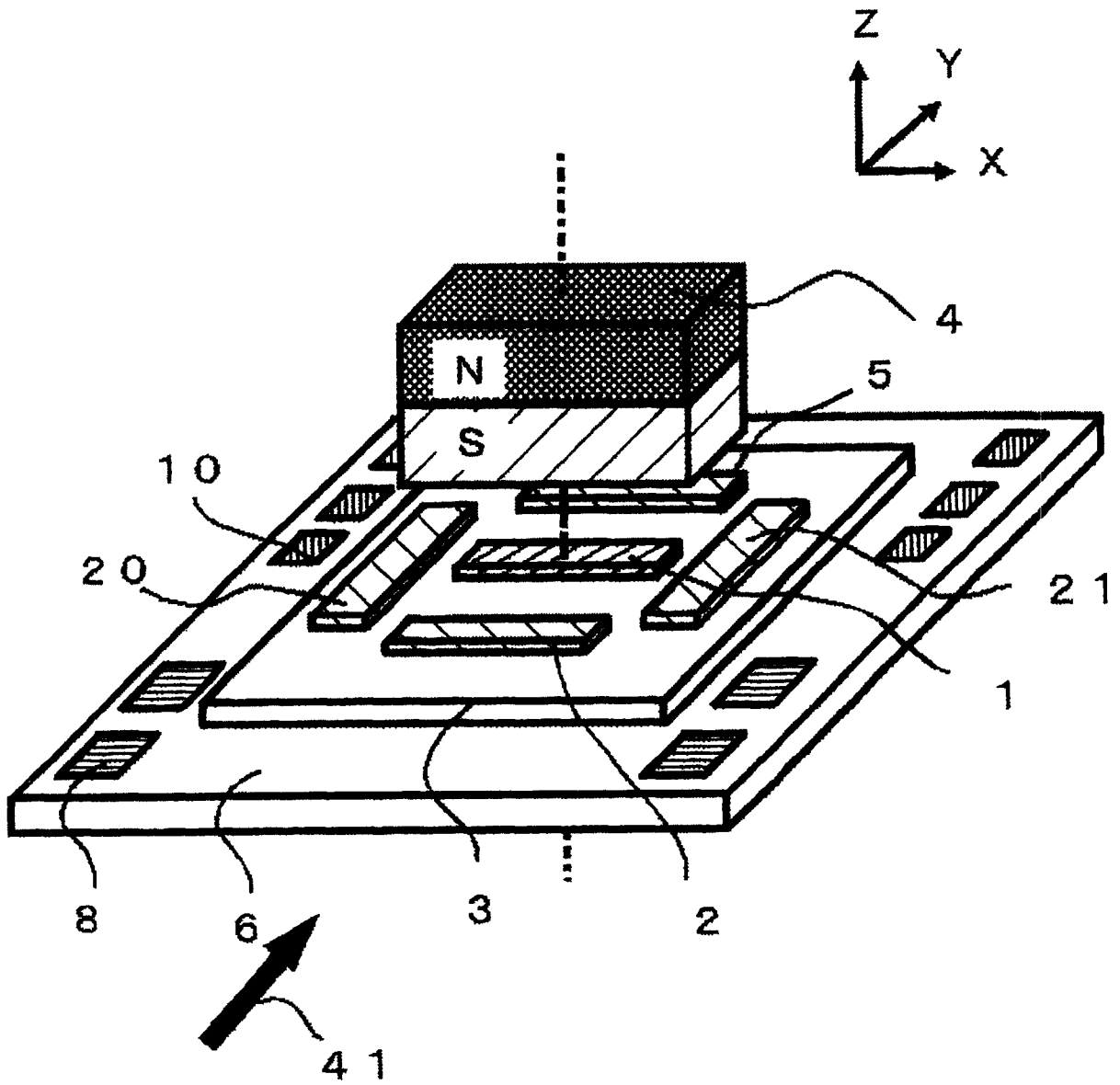


图19

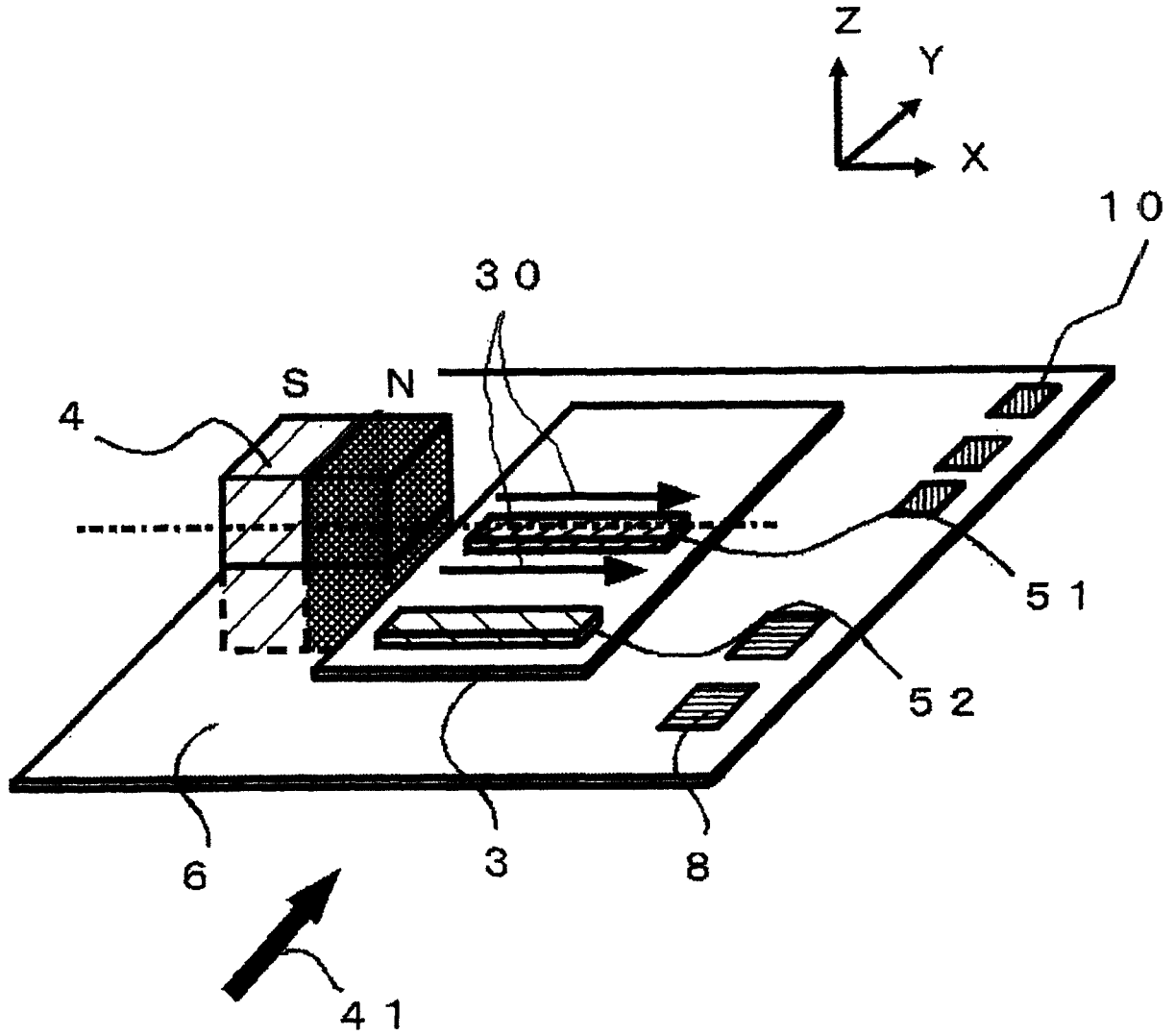


图20

