

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 5/127 (2006.01)

G11B 5/187 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610076427.5

[45] 授权公告日 2008年10月15日

[11] 授权公告号 CN 100426380C

[22] 申请日 2006.4.20

[21] 申请号 200610076427.5

[30] 优先权

[32] 2005.4.28 [33] KR [31] 10-2005-0035536

[73] 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 林志庆 金庸洙 李厚山

[56] 参考文献

CN1604194A 2005.4.6

JP11-328615A 1999.11.30

US2002/0080525A1 2002.6.27

JP8-287414A 1996.11.1

US2002/0176214A1 2002.11.28

审查员 刘莹

[74] 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司

代理人 韩明星 韩素云

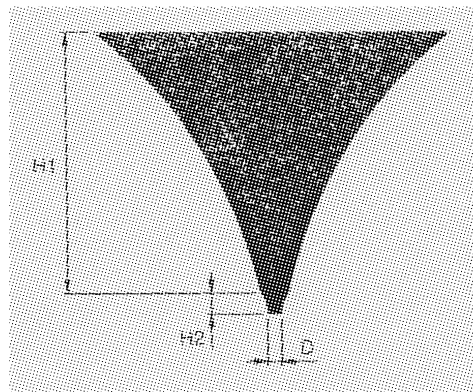
权利要求书1页 说明书9页 附图6页

[54] 发明名称

垂直磁记录头

[57] 摘要

本发明提供了一种垂直磁记录头。该垂直磁记录头包括：数据记录模块，包括主极、返回极和在所述主极周围缠绕的线圈；数据再现模块，包括磁屏蔽层和位于磁屏蔽层之间的读取器件，其中，主极的下端的宽度在其向下的方向上逐渐减小，主极的下端包括第一部分和从第一部分延伸的第二部分，第一部分具有第一曲率的曲面，第二部分具有第二曲率的曲面。第一曲率可以等于第二曲率，或者也可以与第二曲率不同，在主极的下端的两侧还可包括磁屏蔽器件。



1、一种垂直磁记录头，包括：

数据记录模块，包括主极、返回极和在所述主极周围缠绕的线圈；

数据再现模块，包括磁屏蔽层和位于所述磁屏蔽层之间的读取器件，

其中，所述主极的下端的宽度在其向下的方向上逐渐减小，所述主极的所述下端包括第一部分和位于所述第一部分下方并从所述第一部分延伸的第二部分，所述第一部分具有第一曲率的曲面，所述第二部分具有第二曲率的曲面。

2、根据权利要求1所述的垂直磁记录头，其中，在所述主极的所述下端的两侧还包括磁屏蔽器件。

3、根据权利要求1所述的垂直磁记录头，其中，所述第一曲率等于所述第二曲率。

4、根据权利要求1所述的垂直磁记录头，其中，所述第一曲率与所述第二曲率不同。

5、根据权利要求1所述的垂直磁记录头，其中，所述第二部分的下端的宽度在100nm以下。

6、根据权利要求1所述的垂直磁记录头，其中，所述第一部分和所述第二部分是相同的磁性材料或不同的磁性材料。

## 垂直磁记录头

### 技术领域

本发明涉及一种数据记录头，更具体地讲，涉及一种垂直磁记录头。

### 背景技术

互联网的普及带动了个体和/或组织之间的共享信息量的快速增长。因此，很多互联网用户喜欢数据处理速度快和数据存储容量大的个人电脑（PC）。

已经改善了 CPU 芯片和计算机外围设备来提高数据处理速度，并已经使用各种类型的记录介质例如硬盘来增大数据存储容量。

尽管近来已经采用使用铁电层作为数据记录层的记录介质，但是大多数记录介质仍使用磁性层作为数据记录层。

用于磁记录介质的数据记录方法大体上分为纵向磁记录方法和垂直磁记录方法。

在前者中，使用在其表面上磁极化水平排列的磁性层来记录数据；在后者中，使用在其表面上磁极化垂直排列的磁性层来记录数据。

考虑到数据记录密度，垂直磁记录方法要好于水平磁记录方法。

在磁性层上记录数据的处理可以看作是磁性层和磁头之间的相互作用。因此，为了在磁性层上以高密度记录数据，需要改进磁头和磁性层。

近来，由于随着信息技术的发展，垂直磁记录方法受到了更多的关注，所以已经采用用于垂直磁记录方法的各种类型的磁头。

在垂直磁记录方法中使用的传统磁头基本上包括主极和返回极及磁阻（MR）器件，主极和返回极用于将数据记录在磁性层上，磁阻装置用于读取记录在磁性层上的数据。

如果利用垂直磁记录方法增大磁性层的轨道密度，则磁性层的数据记录密度还可以提高。然而，磁性层的轨道密度的增大导致轨道间距减小。因此，传统磁极宽度的尺寸与轨道间距的减小成比例地减小。

然而，在传统磁头的情况下，根据斜交角（skew angle）在轨道方向上产

生大量的磁通泄漏。由于这一点，在利用传统的磁头将数据记录在磁性层的选择的轨道上的工艺中，不期望的数据会被记录在非选择的轨道上。

为了降低磁记录头中的功耗和发热，应该降低用于记录数据的穿过磁记录头的电流。

### 发明内容

本发明提供了一种垂直磁记录头，该垂直磁记录头减小了数据记录电流，提高了记录介质的轨道密度并防止受斜交角影响而导致的磁通泄漏或者将所述磁通泄漏最小化。

根据本发明的一方面，提供了一种垂直磁记录头。该垂直磁记录头包括：数据记录模块，包括主极、返回极和在所述主极周围缠绕的线圈；数据再现模块，包括磁屏蔽层和位于磁屏蔽层之间的读取器件，其中，主极的下端的宽度在其向下的方向上逐渐减小，主极的下端包括第一部分和位于第一部分下方并从第一部分延伸的第二部分，第一部分具有第一曲率的曲面，第二部分具有第二曲率的曲面。

在主极的下端的两侧还可包括磁性屏蔽器件。

第一曲率可以等于第二曲率，或者也可以与第二曲率不同。

第二部分的下端的宽度可在 100nm 以下。

第一部分和第二部分可为相同的磁性材料或不同的磁性材料。

在本发明的垂直磁记录头中的主极和记录介质之间的磁场的强度和梯度大于在现有技术中的磁头的主极和记录介质之间的磁场的强度和梯度。因此，使用根据本发明的垂直磁记录头可在很大程度上降低记录数据所需的电流。此外，可防止受斜交角影响而导致的磁通泄漏或将所述的磁通泄漏最小化。因此，可以将数据仅记录在记录介质的选择轨道上，即使不期望的数据被记录在非选择的轨道上，也可以将这种现象最小化。此外，可提高线性位密度和轨道密度。

### 附图说明

通过参照附图来详细描述本发明的示例性实施例，本发明的上述和其他特点和优点将会变得更加清楚，其中：

图 1 是根据本发明实施例的垂直磁记录头的平面剖视图；

图 2 是在垂直磁记录头移动的方向上图 1 中的第一区域 A1 的平面放大图;

图 3 是根据本发明实施例的垂直磁记录头的正视图, 在该垂直磁记录头中磁屏蔽器件位于图 1 中的垂直磁记录头的主极的两侧;

图 4 是示出具有图 2 中的主极的根据本发明实施例的垂直磁记录头的第一仿真的结果的曲线图;

图 5 和图 6 是作为比较组使用以获得图 4 中的仿真结果的垂直磁记录头的正视图;

图 7 至图 9 是示出具有图 2 中的主极的根据本发明实施例的垂直磁记录头的第二仿真的结果的曲线图;

图 10 至图 11 是示出根据本发明实施例的垂直磁记录头的第三仿真的结果的曲线图, 在该垂直磁记录头中磁屏蔽器件位于主极的两侧。

### 具体实施方式

现在, 将参照附图来更充分地描述根据本发明实施例的垂直磁记录头(以下, 称作磁头)。为了说明书的清楚起见, 夸大了层或区的厚度。

图 1 是根据本发明实施例的磁头的核心部分的平面剖视图。

参照图 1, 磁头包括用于在记录介质 44 上记录数据的记录模块 100 和用于读取记录在记录介质 44 上的数据的再现模块 200。

记录模块 100 包括主极 P1、返回极 P2、补充极 (complementary pole) 40 和线圈 C。主极 P1、返回极 P2 和补充极 40 可由相同的材料例如 NiFe 制成, 但是优选地, 通过使用的材料的量不同, 使得它们的饱和磁矩互不相同。例如, 主极 P1 的饱和磁矩大于补充极 40 的饱和磁矩。主极 P1 和返回极 P2 直接用于在记录介质 44 上记录数据。在将数据记录在记录介质 44 中将要记录数据的选择区中的过程中, 补充极 40 聚焦由主极 P1 产生的磁场。主极 P1 具有预定的宽度。返回极 P2 位于主极 P1 的一侧, 补充极 40 位于主极 P1 的另一侧。补充极 40 附于主极 P1 上。补充极 40 在从主极 P1 的下端向上的方向上凹进预定的深度。即, 补充极 40 的下端所处的位置高于主极 P1 的下端所处的位置。线圈 C 围绕主极 P1 和补充极 40 缠绕。在主极 P1 的下端和返回极 P2 的下端之间存在间隙  $g_1$ 。间隙  $g_1$  延伸到主极 P1 的上端和返回极 P2 的上端, 并且在主极 P1 和返回极 P2 的中间部分之间增大。线圈 C 穿过主极

P1 和返回极 P2 的中间部分之间的间隙。主极 P1 和返回极 P2 的上端相互结合。

再现模块 200 附于记录模块 100 上，线圈 C 位于它们的下部之间。再现模块 200 包括第一磁屏蔽层 S1 和第二磁屏蔽层 S2 以及第一磁屏蔽层 S1 和第二磁屏蔽层 S2 之间的读取器件 42。当从选择的轨道的预定位置读取数据时，第一磁屏蔽层 S1 和第二磁屏蔽层 S2 防止由所述预定位置周围的磁性元件产生的磁场到达所述预定位置。读取器件 42 例如可为巨型磁阻 (GMR) 器件或隧道磁阻 (TMR) 器件。在图 1 中的标号 50 表示中间连接层。

图 2 是在根据本发明的磁记录头移动的方向上第一区域 A1 的平面放大图。以下，在根据本发明的磁记录头移动的方向上的附图被指定为正视图。

参照图 2，主极 P1 邻近于记录介质 44 的下端包括结构不同的两个部分。

详细地说，主极 P1 的下端包括第一部分 H1 和位于第一部分 H1 之下的第二部分 H2。第一部分 H1 和第二部分 H2 由相同的材料制成，并且这两部分是连续的。第一部分 H1 的宽度在其向下的方向上逐渐减小。假定垂直穿过主极 P1 的下端的线是 Z 轴，则第一部分 H1 的宽度沿 Z 轴的变化是 Z 轴位移的二次函数。因此，主极 P1 的下端的侧面是围绕 Z 轴为中心的对称的曲面。第一部分 H1 的侧面具有第一曲率。

在主极 P1 的下端，第二部分 H2 比第一部分 H1 短。第二部分 H2 的宽度也在其向下的方向逐渐减小，第二部分 H2 的侧面是曲面。第二部分 H2 的侧面具有第二曲率。第二曲率可等于第一曲率或者与第一曲率不同。考虑到记录介质 44 的轨道密度，第二部分 H2 的下端的宽度 D，即，最靠近记录介质 44 的部分的宽度 D 优选地尽可能窄，例如，在 100nm 以下。

根据本发明实施例的磁头可以包括在主极 P1 的下端的两侧的第一磁屏蔽器件 50A 和第二磁屏蔽器件 50B，如图 3 所示。第一磁屏蔽器件 50A 与主极 P1 的第二部分 H2 的下端之间或者是第二磁屏蔽器件 50B 与主极 P1 的第二部分 H2 的下端之间存在间隙 G。第一磁屏蔽器件 50A 和第二磁屏蔽器件 50B 防止由主极 P1 的下端产生的磁场从位于主极 P1 下方的选择的轨道泄露并防止该磁场到达非选择的相邻轨道。图 3 中的标号 Tw 表示位于主极 P1 下方的选择的轨道的宽度。

本发明人进行了第一仿真以检验上述的根据本发明实施例的磁头的性能。

在第一仿真中，使用第一磁头和第二磁头作为比较组，将它们与根据本发明实施例的磁头进行比较。除了每个主极的下端的形状不同之外，第一和第二磁头与根据本发明实施例的磁头一样。

图 5 示出了包括在第一磁头中的主极的下端，图 6 示出了包括在第二磁头中的主极的下端。

参照图 5 和图 6，第一磁头和第二磁头的主极的下端的形状与根据本发明实施例的磁头的主极 P1 的下端的形状相似，但图 5 中示出的第一磁头的与根据本发明实施例的磁头的第一部分 H1 和第二部分 H2 相对应的主极的下端与本发明的主极的下端不同。在图 6 中示出的第二磁头的主极的下端中，与根据本发明实施例的磁头的第一部分 H1 对应的部分与本发明的磁头的第一部分 H1 相同，而与根据本发明实施例的磁头的第二部分 H2 对应的部分与本发明的磁头的第二部分 H2 不同。

图 4 是示出根据本发明实施例的磁头及第一磁头和第二磁头的第一仿真的结果的曲线图，该图显示了在轨道的交叉方向（横跨轨道的方向）磁场的 Z 轴方向分量（Hz）的强度变化。

图 4 中的第一曲线 G1、第二曲线 G2 和第三曲线 G3 分别表示了第一磁头、第二磁头和具有图 2 中示出主极 P1 的根据本发明实施例的磁头的第一仿真的结果。

将第一曲线 G1、第二曲线 G2 和第三曲线 G3 进行相互比较，与第一磁头或第二磁头具有的 Z 轴方向磁场分量（Hz）相比，具有图 2 中示出的主极 P1 的根据本发明实施例的磁头的 Z 轴方向磁场分量（Hz）具有较大的强度、较窄的宽度和较大的梯度。

这个结果意味着：与使用第一磁头或第二磁头相比，使用根据本发明实施例的磁头减小了记录介质的轨道宽度并可以将数据被记录在非选择轨道上的影响最小化。

本发明人对第一磁头和根据本发明实施例的磁头进行了第二仿真，来检验根据本发明实施例的磁头的性能。

在第二仿真中，磁头（参照图 5）的主极的下端的宽度是 120nm，根据本发明实施例的磁头的主极 P1 的下端的宽度 D 是 100nm。在离每个磁头的气悬表面向下 23nm 处测量 Z 轴方向磁场分量（Hz）。使用场频率为 667MHz 的电流来产生磁场。每个磁场被测量 1.5ns。此外，图 1 示出的坐标轴与图 7

至图 9 中示出的坐标轴相同。

图 7 至图 9 示出了第二仿真的结果。

图 7 示出了在根据本发明实施例的磁头和第一磁头中的各主极和各记录介质之间产生的磁场的 Z 轴分量 (Hz) 的强度在 X 轴方向的变化, 即, 在沿轨道 (downtrack) 方向的变化。

在图 7 中, 第一曲线 G11 表示对第一磁头的测量结果, 第二曲线 G22 表示对具有图 2 中示出的主极 P1 的根据本发明实施例的磁头的测量结果。

将第一曲线 G11 和第二曲线 G22 相互比较, 根据本发明实施例的磁头的 Z 轴方向磁场分量 (Hz) 的强度大于第一磁头的 Z 轴方向磁场分量 (Hz) 的强度。具体地说, 第一曲线 G11 的第一下峰 (downpeak) P1 和第二曲线 G22 的第二下峰 P2 中的每个表示在每个后缘 (trailing edge) 以下的位置, 即, 在每个主极靠近每个返回极的下端的边缘部分以下的位置的 Z 轴方向磁场分量的强度 (Hz)。位置 P0 是由每个返回极开始的部分, 在位置 P0 处, 第一曲线 G11 和第二曲线 G22 中的每个 Z 轴方向磁场分量的强度 (Hz) 是 0。

如果每个后缘处的 Z 轴方向磁场分量 (Hz) 的强度和每个返回极开始的 P0 处的 Z 轴方向磁场分量 (Hz) 的强度之间的差越大, 则数据记录时间减少得就越多, 在指定轨道中的数据记录密度, 即线性位密度, 就越大。

因此, 图 7 中的结果意味着: 与使用第一磁头相比, 使用根据本发明实施例的磁头减少了数据记录时间并提高了线性位密度。

图 8 示出了在根据本发明实施例的磁头和第一磁头的每个后缘处 (在 X 轴方向 250nm 位置处) 沿 Y 轴方向, 即沿轨道交叉方向 (横跨每个记录介质的轨道的方向) 测量 Z 轴方向磁场分量 (Hz) 的强度的变化 1.5ns。

在图 8 中, 第一曲线 G1A 表示对第一磁头的测量结果, 第二曲线 G2A 表示对根据本发明实施例的磁头的测量结果。

将第一曲线 G1A 和第二曲线 G2A 进行相互比较, 根据本发明实施例的磁头的 Z 轴方向磁场分量 (Hz) 的强度大于第一磁头的 Z 轴方向磁场分量 (Hz) 的强度, 换言之, 根据本发明实施例的磁头的 Z 轴方向磁场分量 (Hz) 的强度比第一磁头的 Z 轴方向磁场分量 (Hz) 的强度大 20% 以上。尽管在第一磁头或根据本发明实施例的磁头中选择轨道的中心区域的磁场梯度几乎相同, 但是在轨道的边缘方向, 根据本发明实施例的磁头中的磁场梯度逐渐大于第一磁头中的磁场梯度。



在图 1 中示出的根据本发明实施例的磁头中,由流过围绕主极 P1 缠绕的线圈 C 的电流导致在主极 P1 和记录介质 44 之间产生记录磁场。

因此,图 8 中的结果意味着:与使用第一磁头相比,使用根据本发明实施例的磁头减小了产生记录磁场所需的电流。此外,考虑到在第二仿真中根据本发明实施例的磁头在 Y 轴方向的宽度(轨道交叉方向的宽度)是大约 100nm,并且小于第一磁头的宽度(120nm),所以与使用第一磁头相比,使用根据本发明实施例的磁头提高了记录介质的轨道密度。例如,如果第一磁头用于轨道密度为 180k TPI(每英寸轨道数)的记录介质,则根据本发明实施例的磁头可用于轨道密度比 180k TPI 大 15% 以上的记录介质。

图 9 示出了在每个主极和每个记录介质之间的点(-230nm, 0, -23nm)测量的 Z 轴方向磁场分量(Hz)的强度随着时间的变化。

在图 9 中,第一曲线 G1B 表示对第一磁头的测量结果,第二曲线 G2B 表示对根据本发明实施例的磁头的测量结果。

将第一曲线 G1B 与第二曲线 G2B 互相比,与第一磁头相比,在根据本发明实施例的磁头中,在一个点处随时间变化的 Z 轴方向磁场分量(Hz)的强度也较大。

本发明人对第一磁头和如图 3 所示的在主极 P1 的两侧具有磁屏蔽器件 50A 和 50B 的根据本发明实施例的磁头进行第三仿真。

图 10 和图 11 示出了第三仿真的结果。

图 10 示出了在根据本发明实施例的磁头和第一磁头中,每个主极和每个记录介质之间产生的磁场的 Z 轴分量(Hz)的强度在 X 轴方向的变化。

在图 10 中,第一曲线 G31 表示第一磁头的第三仿真结果,第二至第四曲线 G32、G33 和 G34 表示对根据本发明实施例的磁头的第三仿真结果。具体地讲,第二曲线 G32 表示当根据本发明实施例的磁头的主极 P1 的下端的宽度 D 是 100nm 且一个磁屏蔽层位于主极 P1 两侧的每一侧时测量的结果,第三曲线 G33 表示当根据本发明实施例的磁头的主极 P1 的下端的宽度 D 是 90nm 且一个磁屏蔽层位于主极 P1 两侧的每一侧时测量的结果,第四曲线 G34 表示当根据本发明实施例的磁头的主极 P1 的下端的宽度 D 是 90nm 且两个磁屏蔽层位于主极 P1 的两侧的每一侧时测量的结果。这里,第一位置 X1 与每个主极的后缘对应,第二位置 X2 与每个返回极开始处的位置对应。

将第一曲线 G31 至第四曲线 G34 相互比较,与第一曲线 G31 相比,第

二曲线 G32 至第四曲线 G34 中的第一位置 X1 和第二位置 X2 之间的 Z 轴方向磁场分量的强度 (Hz) 的差 (以下, 磁场强度差) 较大。

将第二曲线 G32 至第四曲线 G34 相互比较, 与第二曲线 G32 相比, 第三曲线 G33 和第四曲线 G34 中的磁场强度差较大。

第三曲线 G33 和第四曲线 G34 中的磁场强度差几乎相同。

图 10 的结果意味着: 与第一磁头相比, 根据本发明实施例的磁头中的磁场强度差较大, 并且据本发明实施例的磁头中, 主极 P1 的下端的宽度 D 越小, 磁场强度差越大。此外, 图 10 的结果意味着在主极 P1 的两侧放置磁屏蔽层是有意义的, 而磁屏蔽层的数量与磁场强度差几乎无关。

图 11 示出了在根据本发明实施例的磁头和第一磁头的每个后缘处在 Y 轴方向上 (在每个记录介质的轨道交叉方向上) 测量的磁场的 Z 轴分量的强度 (Hz) 的变化。在图 11 中, 在离每个磁头的气悬表面向下 16nm 处测量 Z 轴方向磁场分量的强度 (Hz)。

在图 11 中, 第一曲线 G41 表示第一磁头的第三仿真的结果, 第二曲线 G42 至第四曲线 G44 表示根据本发明实施例的磁头的第三仿真的结果。

将第一曲线 G41 至第四曲线 G44 相互比较, 与第一曲线 G41 相比, 在第二曲线 G42 至第四曲线 G44 中的 Z 轴方向磁场分量的强度 (Hz) 和磁场梯度较大。

将第二曲线 G42 至第四曲线 G44 相互比较, 与第二曲线 G42 相比, 第三曲线 G43 和第四曲线 G44 中的 Z 轴方向磁场分量的强度 (Hz) 较大。然而, 在第三曲线 G43 和第四曲线 G44 中, Z 轴方向磁场分量的强度 (Hz) 几乎相同。

存在区域 A2, 在区域 A2 中, 第二曲线 G42 至第四曲线 G44 中的每个的 Z 轴方向磁场分量的强度 (Hz) 均大于 0, 即, Z 轴方向磁场分量 (Hz) 被定位在正 (+) 方向上, 从而减小或去除主极 P1 和磁性屏蔽器件 50A、50B 之间的间隙 G。

图 11 的结果意味着, 与第一磁头相比, 在主极 P1 的两侧具有磁性屏蔽器件 50A 和 50B 的根据本发明实施例的磁头中, 磁场强度和磁场梯度均较大。与使用第一磁头相比, 使用根据本发明实施例的磁头可以降低记录数据所需的电流并提高轨道密度。

如上所述, 根据本发明实施例的每个磁头的主极 P1 的下端的宽度向下逐

渐减小，主极 P1 包括第一部分 H1 和第二部分 H2，每个部分均具有预定的曲率。因此，与从根据现有技术的磁头获得的磁场强度和磁场梯度相比，在主极 P1 的下端的第二部分 H2 和记录介质 44 之间的磁场的强度和梯度在很大程度上增大。

因此，使用根据本发明实施例的磁头可以在很大程度上减小记录数据所需的电流。此外，可以防止或最小化受斜交角的影响而导致的磁通泄漏。因此，可以将数据仅记录在记录介质的选择轨道上，即使不期望的数据被记录在非选择的轨道上，这种现象也可以被最小化。此外，可增大线性位密度和轨道密度。

尽管已经参照本发明的优选实施例示出和描述了本发明，但是以上的描述应该仅被认为是解释优选的实施例，而不是限制的目的。例如，本领域的技术人员应该理解，根据本发明实施例的磁头可包括在主极 P1 周围缠绕的磁屏蔽器件，例如磁屏蔽层。此外，图 2 中示出的主极 P1 的下端的第一部分 H1 可以不是弯曲的，而是平面的，如图 5 所示。此外，根据本发明实施例的主极 P1 可应用于具有不同结构的磁头。因此，本发明的范围不是由本发明的详细描述限定，而是由权利要求限定，在本范围内的所有不同将被解释为包括在本发明中。

图 1

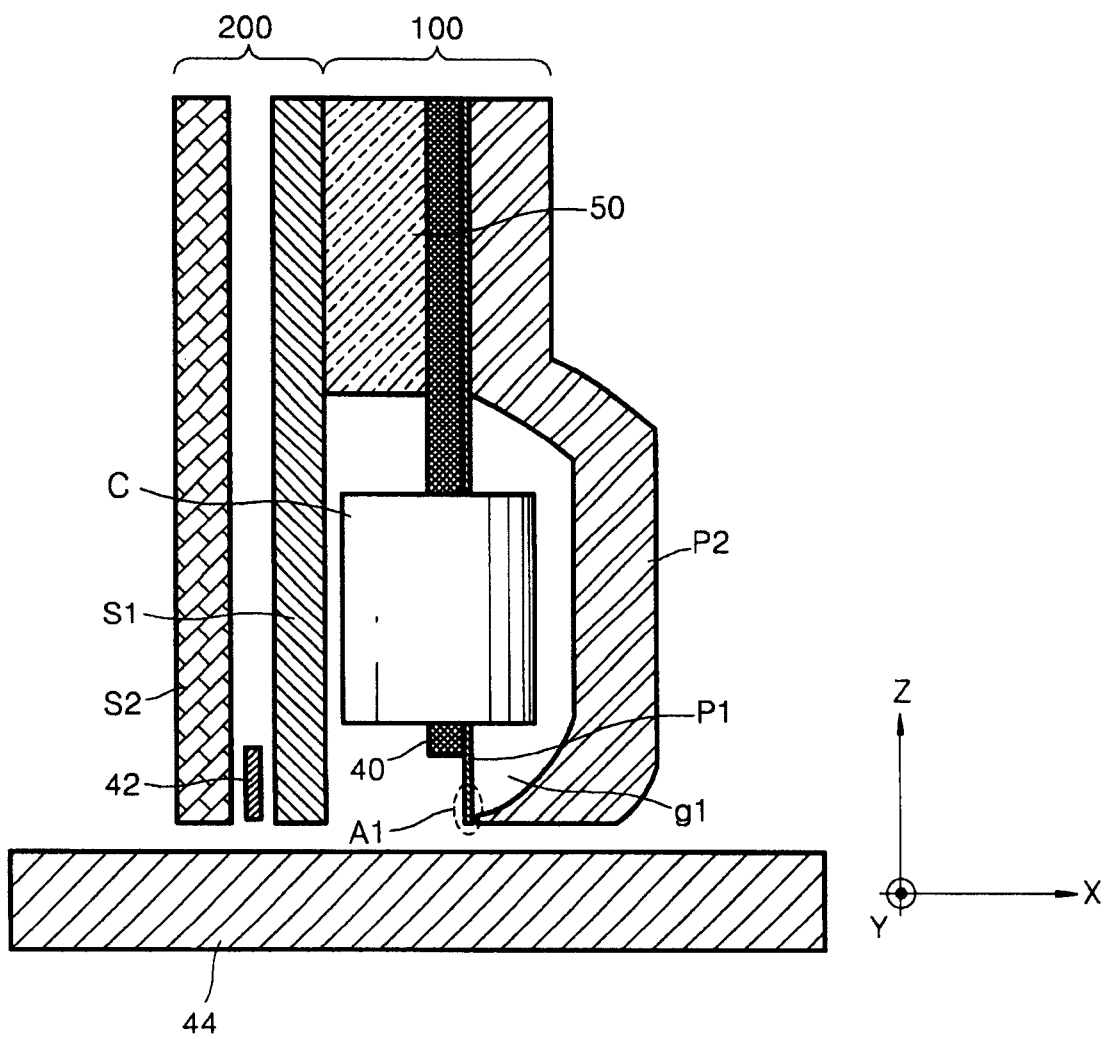


图 2

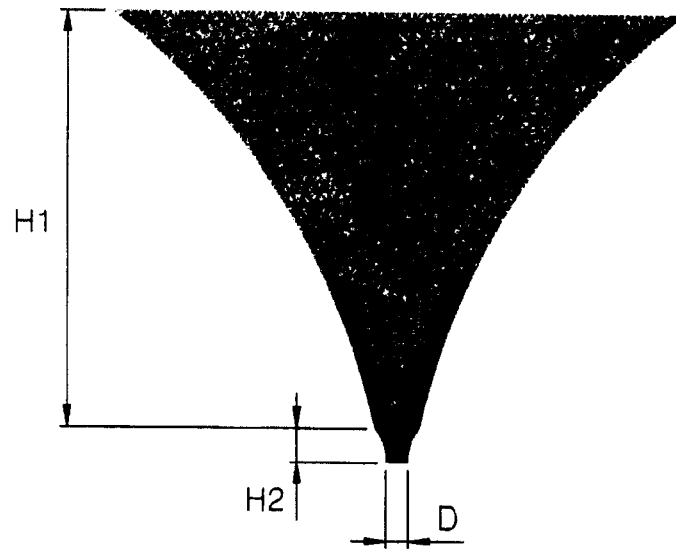


图 3

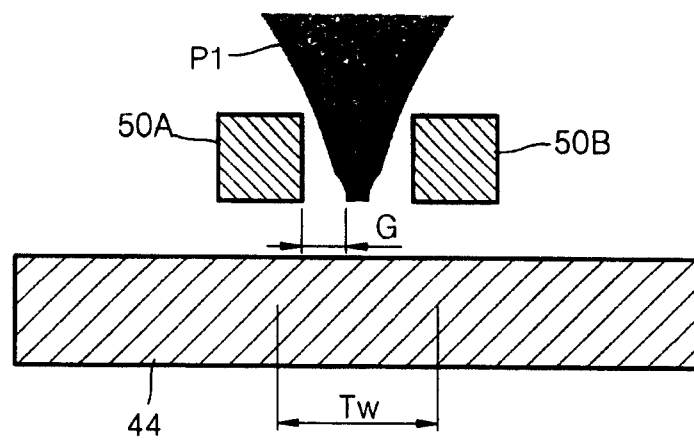


图 4

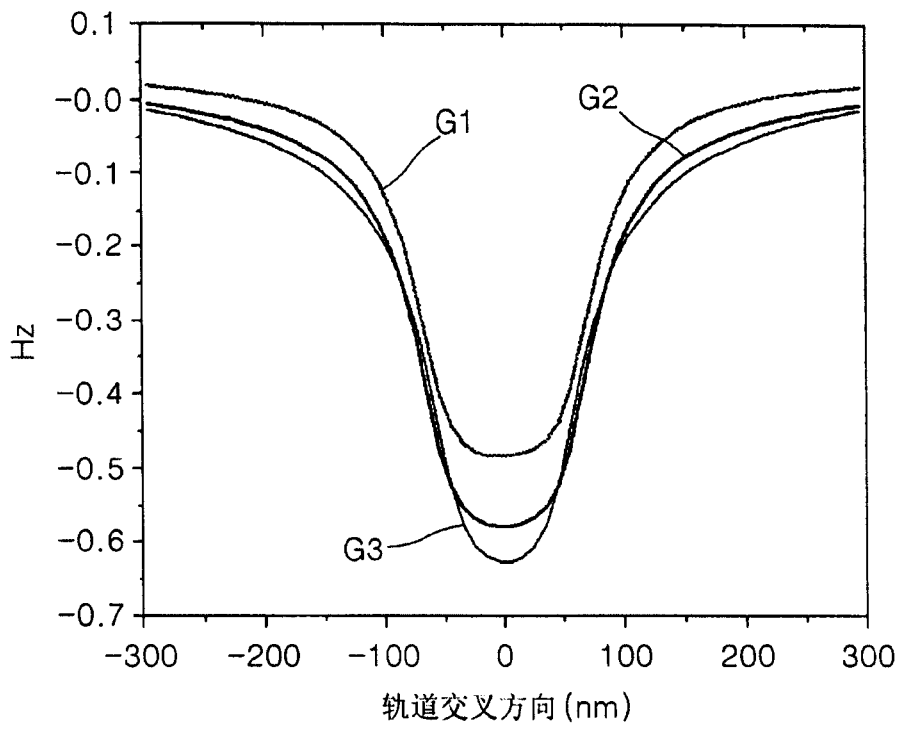


图 5

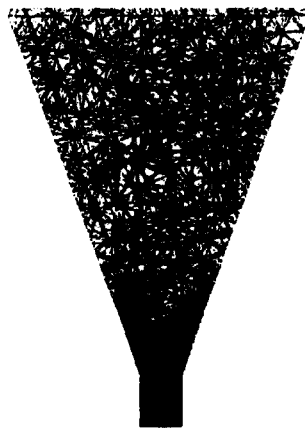


图 6

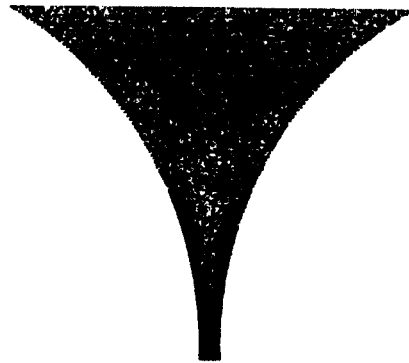


图 7

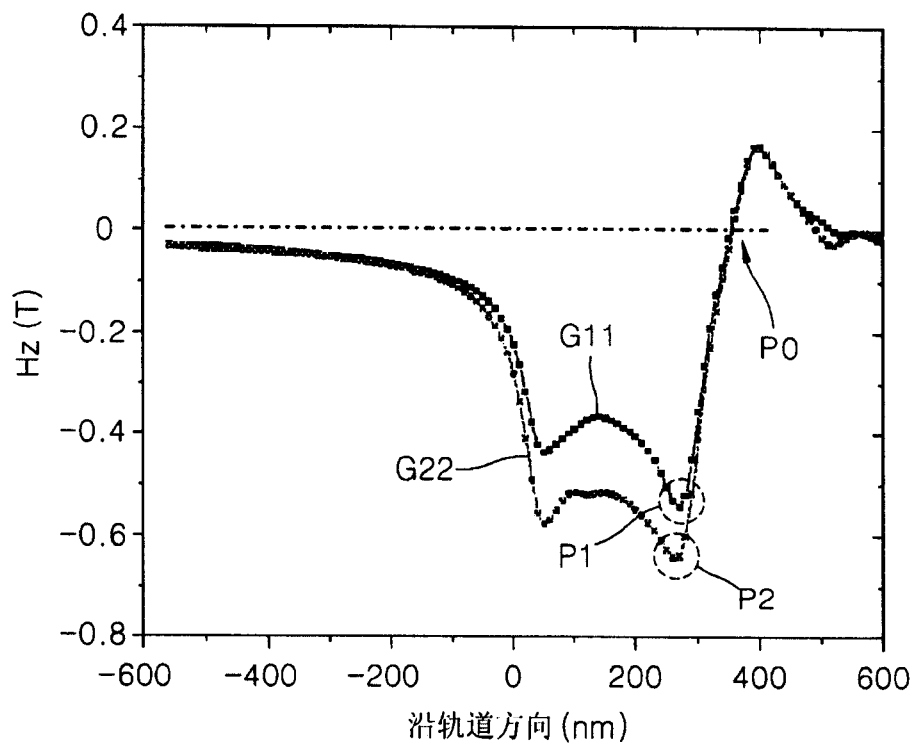


图 8

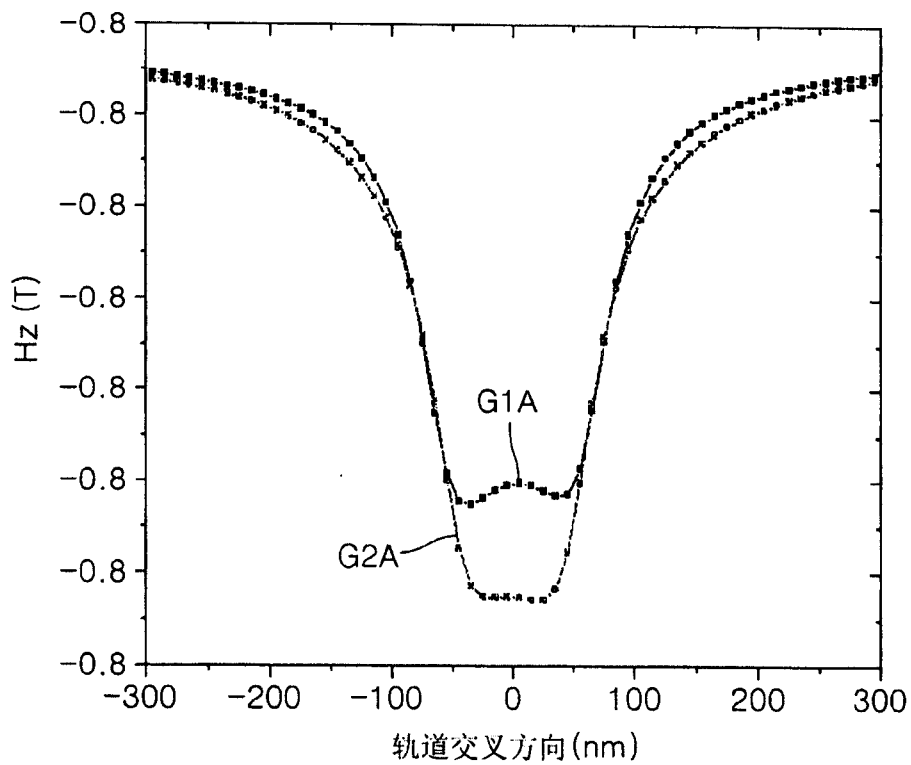


图 9

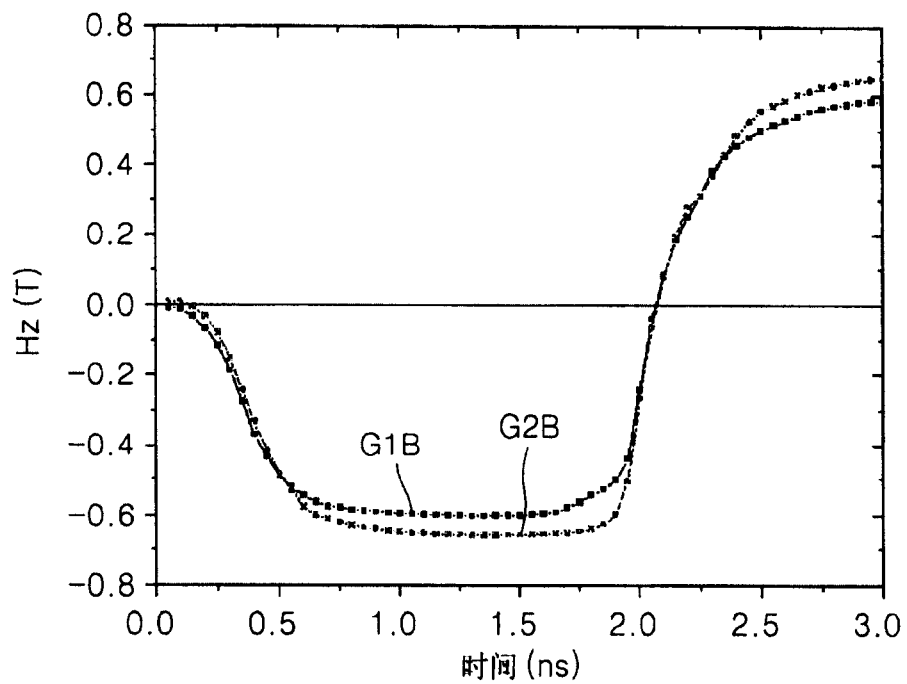




图 10

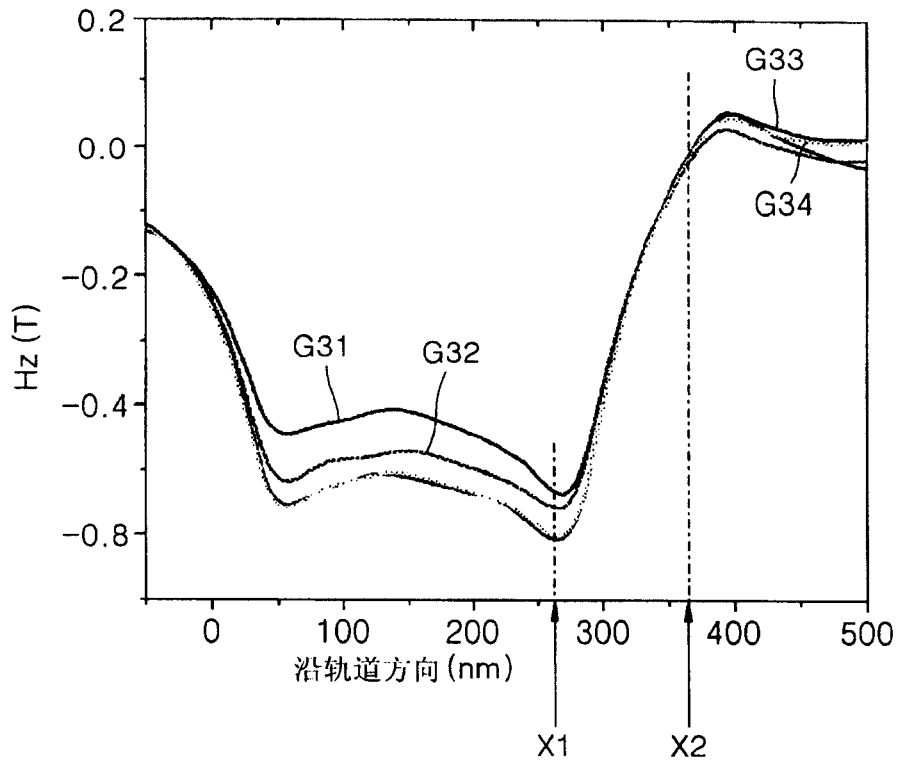


图 11

