

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G11B 5/39

G11B 5/31



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98101194.2

[45] 授权公告日 2003 年 12 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1132158C

[22] 申请日 1998.4.14 [21] 申请号 98101194.2

[30] 优先权

[32] 1997.4.14 [33] JP [31] 095493/1997

[71] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪

[72] 发明人 榊间博

[56] 参考文献

JP 7-307502 1995.11.21 G11B5/39

审查员 张 景

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

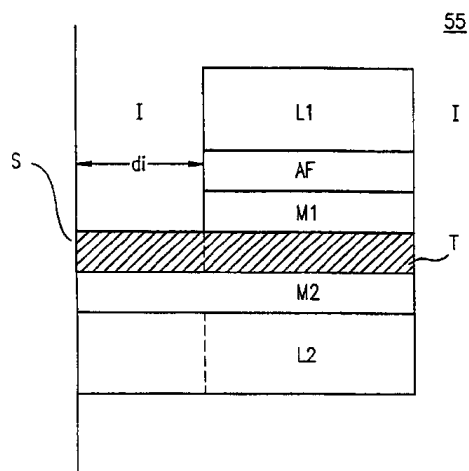
代理人 蹇 炜

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 3 页

[54] 发明名称 薄膜磁头

[57] 摘要

一种薄膜磁头含有一个屏蔽型磁电阻效应 (MR) 头部分, 包括: 位在一屏蔽隙内的 MR 元件部分, 其呈现有巨磁电阻效应; 及一引线层, 其使得电流沿垂直于 MR 元件部分的一个薄膜表面的方向流动。MR 元件部分含有第一和第二磁性膜, 且其间插入有一非磁性绝缘膜。第一磁性膜呈现软磁性质, 设置在距薄膜磁头的那个对着磁记录媒体的表面第一距离处。第二磁性膜设置在距薄膜磁头的那个对着磁记录媒体的表面第二距离处, 第二距离大于第一距离。



ISSN 1008-4274

1、一种含有一个屏蔽型磁电阻效应(MR)头部分的薄膜磁头,包括:
一个位于一个屏蔽隙内的MR元件部分,该MR元件部分具有巨磁电阻效应;以及

其中MR元件部分含有第一和第二磁性膜,并且其间还夹有一个非磁性绝缘膜,

第一磁性膜具有软磁性质,设置在距薄膜磁头的那个对着磁记录媒体的表面为第一距离的位置处,并且

第二磁性膜设置在距薄膜磁头的那个对着磁记录媒体的表面为第二距离的位置处,其中第二距离大于第一距离;

其中,薄膜磁头还包括一个引线层,其设置使得电流沿着垂直于第一磁性膜、第二磁性膜和MR元件部分的非磁性绝缘膜的薄膜表面的方向流动。

2、根据权利要求1的薄膜磁头,包括上、下屏蔽金属磁性膜,该上、下屏蔽金属磁性膜都通过一个非磁性导电膜连接到MR元件部分上,上、下屏蔽金属磁性膜起着一部分引线层的让电流流入MR元件部分的作用。

3、根据权利要求1的薄膜磁头,其中第二磁性膜被磁耦合到一个反铁磁性膜上。

4、根据权利要求1的薄膜磁头,其中第二磁性膜是一个硬磁性膜,其磁化曲线具有良好的方形特性,并且

待探测磁场沿着一个平行于硬磁性膜的易磁化轴方向伸展。

5、根据权利要求1的薄膜磁头，其中MR元件部分还包括设置在第一、第二磁性膜和非磁性膜之间的至少一个界面上的界面磁性膜，该界面磁性膜含有Co，厚度为大于等于0.1nm。

6、根据权利要求5的薄膜磁头，其中界面磁性膜被插入在第一磁性膜和非磁性膜之间，界面磁性膜的厚度在0.1nm至1.5nm的范围内。

7、根据权利要求1的薄膜磁头，其中第一磁性膜含有 $Ni_xCo_yFe_z$ 其中x, y, z为原子成分比例， $x=0.6$ 至 0.9 ； $y=0$ 至 0.4 ； $z=0$ 至 0.3 。

8、根据权利要求1的薄膜磁头，其中第一磁性膜含有 $Ni_{x'}Co_{y'}Fe_{z'}$ 其中 x' , y' , z' 为原子成分比例， $x'=0$ 至 0.4 ； $y'=0.2$ 至 0.95 ； $z'=0$ 至 0.5 。

9、根据权利要求1的薄膜磁头，其中第一磁性膜含有一种非晶磁性膜。

10、根据权利要求4的薄膜磁头，其中硬磁性膜的方形特征值为大于等于0.7，方形特征值的定义是剩余磁化强度与饱和磁化强度的比值。

11、根据权利要求3的薄膜磁头，其中金属反铁磁性膜含有NiMn、IrMn、PtMn和CrMn中的至少一种。

薄膜磁头

技术领域：

本发明涉及一种带有一个磁电阻效应（MR）头部分的薄膜磁头。

发明背景：

已经有人提出和开发了含有带有磁电阻效应元件的磁电阻头（以下称做“MR头”）部分的薄膜磁头。这种普通的薄膜磁头含有一个记录头部分40和一个再生头部分50。如图4所示，记录头部分40的特点是一个所谓的感应型记录头，它通过把一个磁场（该磁场通过让电流流过线包导线11而生成）会聚到记录头芯12和13上并利用从记录隙14（它包含一个非磁性绝缘膜）泄漏出的磁场而把信息记录到一个媒体上。再生头部分50的特点是一个磁电阻效应型的再生头，它根据由代表记录在媒体上的信息的信号磁场所感应出的MR元件部分15的磁电阻变化，来读出所记录的信号。

如图4所示，MR元件部分15被设置在一个屏蔽隙17内，后者又被夹在一个基本上由一个磁性膜（同时也起着记录头芯13的作用）组成的上屏蔽层13和一个下屏蔽层16之间。MR元件部分15用绝缘膜18与上屏蔽层13和下屏蔽层16绝缘。

由于要求屏蔽隙的长度（图4中用dsg表示）必须等于或小于所再生的最短信号波长，所以随着对记录密度要求的日益提高，绝缘膜18

和 MR 元件部分 15 的厚度必须大为减小；例如，将来很可能会要求有屏蔽隙窄于 100nm 的磁头。然而，要制作厚度约为 50nm 或更薄但仍能提供足够绝缘性能的绝缘膜是十分困难的，这一点可能将成为实现高密度记录的一个瓶颈。此外，MR 元件部分 15 被夹在两层绝缘膜之间的上述这种结构是有问题的，例如，磁头再生工作过程中 MR 元件部分 15 的充电现象和绝缘膜绝缘性能的丧失。如果通过采用更薄的绝缘膜硬把磁头应用于更高密度的记录，则这些问题将更加严重。

于是，提出了一种如图 3 所示的结构，它包含一个记录头部分 20 和一个再生部分 30。MR 元件部分 5 和上、下屏蔽层 3、6 互相用导电层 10 相连接，使得上、下屏蔽层 3、6 也能起到图 4 中引线层部分 19 的作用（日本专利申请 No. 8-34557）。因为导电层 10 的厚度可以容易地做成为约 20nm 或更小，所以这种结构可以用超薄膜制作。在这种结构中排除了前述关于超窄隙中的绝缘膜的问题，它不需要在屏蔽层部分和 MR 器件部分之间有一个超薄的绝缘膜。这种结构特别适用于 MR 元件部分采用了具有 GMR（巨磁电阻效应）性质的人造多层膜的情况，这是因为由沿垂直于薄膜表面方向流动的电流所产生的磁电阻变化的比例（以下这个比例叫做“MR 比”）大于沿薄膜表面方向流动的电流所产生的磁电阻变化比例。对于当 GMR 元件中的非磁性薄膜是一种隧道型的绝缘膜的情形，这种结构将更为有用，这是因为整个器件在垂直于薄膜表面的方向上的阻抗将变大。

对于在 GMR 元件中采用这种非磁性膜的情况，也可以用在引线层部分和屏蔽层之间插入绝缘膜的方法来提供它们之间的绝缘性，以代替图 3 中用导电层 10 来互连 MR 元件部分 5 和上、下屏蔽层 3、6。这样做的

原因是，这种结构允许图 4 中的绝缘膜 18 在整个 MR 元件部分 5 中保持较大的厚度，而这部分则可以以较薄的膜的形式来实现。

图 2 示出薄膜磁头中采用了上述隧道型 GMR 膜的一种示例性 MR 元件部分 25。在图 2 中，S 代表磁头上对着 (opposing) 磁性记录媒体 (如磁盘) 的一个表面。L1 和 L2 代表前述 MR 元件部分的引线层。具体地说，引线层 L1 和 L2 连接到 MR 元件部分上，后者含有：一个反铁磁性膜 AF，一个磁性膜 M1 (它与反铁磁性膜 AF 有磁耦合，这里叫做“相铆合的 (pinned)”)，以及一个软磁性膜 M2；由于在膜 M2 和 M1 之间加入了一个非磁性绝缘膜 T 而使 M2 与 M1 隔离，所以 M2 的磁化 (方向) 可自由地转动。

然而，图 2 所示的 MR 元件部分存在下述一些问题：因为在图 2 的结构中磁性膜 M1、M2 和绝缘膜 T 暴露在磁头的表面，所以如果它们与磁盘相接触，则磁性膜 M1 和 M2 (通常它们都是金属膜) 将暂时进入“流通”状态，从而互相间出现电联系，即出现短路。其结果是，希望得到的基于跨越绝缘膜 T 的隧道效应的磁电阻效应将受到破坏，使器件不能给出应有的特性。此外，因为通常要求绝缘膜 T 是一个超薄膜 (例如几个纳米或更薄)，所以当它两端被充电时很容易发生绝缘性能破坏，结果可能损坏整个器件。

发明概述

根据本发明的一种薄膜磁头含有一个屏蔽型磁电阻效应 (MR) 头部分，后者包括：一个位在一个屏蔽隙中的 MR 元件部分，该 MR 元件部分呈现有巨磁电阻效应；其中的 MR 元件部分包含有第一和第二磁性膜，

并且其间夹有一个非磁性绝缘膜，第一磁性膜具有软磁性质，设置在距薄膜磁头对着磁记录媒体的那个表面为第一距离的位置处，第二磁性膜设置在距薄膜磁头对着磁记录媒体的那个表面为第二距离的位置处，其中第二距离大于第一距离；其中，薄膜磁头还包括一个引线层，其设置使得电流沿着垂直于第一磁性膜、第二磁性膜和MR元件部分的非磁性绝缘膜的薄膜表面的方向流动。

在本发明的一个实施例中，薄膜磁头包含上、下屏蔽金属磁性膜，它们均通过一个非磁性导电膜与MR元件部分相连接，起着让电流流入MR元件的部分一部分引线层的作用。

在本发明的另一个实施例中，第二磁性膜被磁耦合在一个反铁磁性膜上。

在本发明的又一个实施例中，第二磁性膜是一个具有良好的方形磁化特性的硬磁性膜，并且要探测的磁场沿着平行于该硬磁性膜的易磁化轴的方面伸展。

在本发明的又一个实施例中，MR元件部分还包含一个位在第一、第二磁性膜和非磁性膜之间的至少一个界面处的界面磁性膜，该界面磁性膜含有Co（钴）并具有约0.1nm或较大的厚度。

在本发明的又一个实施例中，界面磁性膜插入在第一磁性膜和非磁性膜之间，该界面磁性膜的厚度在约0.1nm至约1.5nm的范围内。

在本发明的又一个实施例中，第一磁性膜含有 $Ni_xCo_yFe_z$ （镍x钴y铁z）（其中x,y,z为原子成分的比例，x=约0.6至约0.9；y=约0至约0.4；z=约0至约0.3）。

在本发明的又一个实施例中，第一磁性膜含有 $Ni_xCo_yFe_z$ （其中

x' , y' , z' 为原子成分的比例, x' =约 0 至 0.4; y' =约 0.2 至约 0.95; z' =约 0 至约 0.5)。

在本发明的又一个实施例中, 第一磁性膜是一个非晶磁性膜。

在本发明的又一个实施例中, 硬磁性膜的方形特征值约为 0.7 或更大, 其中方形特征值的定义是剩余磁化强度与饱和磁化强度之比。

在本发明的又一个实施例中, 金属反铁磁性膜至少含有 NiMn (镍锰)、IrMn (铱锰)、PtMn (铂锰) 和 CrMn (铬锰) 中的一种。

这样, 在根据本发明图 1 所示例的薄膜磁头 55 中, 磁性膜 M1 (以及反铁磁性膜 AF) 不暴露在磁头的表面上 (即位在距磁头表面为不等于零的第二距离处)。其结果是, 即使磁性膜 M2 暂时进入一个“流通”状态, 磁性膜 M2 可能会与绝缘膜 T 或绝缘膜 I 相接触, 但仍可以避免与磁性膜 M1 短路。软磁性膜 M2 最好位在距薄膜磁头对着磁记录媒体的那个表面基本上为零的距离 (即第一距离) 处 (虽然通常提供有一个厚度约为 10nm 的保护层以防止磨损和得到润滑)。其原因是软磁性膜 M2 是需要根据被探测信号所产生的磁场而发生磁化转动 (反转) 的, 而探测离开磁头表面较远的信号磁场 (记录在磁性记录媒体上) 将导致较低的灵敏度和/或输出。或者, 也可以使图 1 中的引线层 L2 和绝缘膜 T 与磁性膜 M1 对齐 (如虚线所示), 从而不暴露在磁头表面上。对于磁性膜 M1 是一种比较不可能发生磁化转动的磁性膜, 例如是一个硬磁性膜的情形, 可以不要 MR 元件部分中的反铁磁性膜 AF。图 1 中的引线层 L1 和 L2 可以直接连接到金属屏蔽膜上 (与图 3 的情形相同), 或者也可以利用一个绝缘膜与屏蔽膜绝缘。对于防止由于充电现象所造成的问题来说, 把引线层 L1 和 L2 直接连接在金属屏蔽膜上是更为有效的。

在上述结构的薄膜磁头中，为了得到有良好线性性和低噪声的输出，待探测的磁场最好沿着基本上垂直于软磁性膜 M2（它通过随着磁场发生磁化转动而呈现出磁电阻效应）的易磁化轴并且基本上平行于磁性膜 M1 的易磁化轴方向伸展。

这样，这里所描述的本发明使得下述优点成为可能：即提供一种用于超高密度磁记录的薄膜磁头，该薄膜磁头含有一个带有极小屏蔽隙长度的高度可靠的 MR 再生头。

当阅读并理解了下面参考附图所做的详细说明之后，对于熟悉本技术领域的人们来说本发明的这个优点和其他优点将变得清楚明白。

附图简要说明：

图 1 是说明根据本发明的一种薄膜磁头中的示例性 MR 元件部分的图。

图 2 是说明一种已知的薄膜磁头中的示例性 MR 元件部分的图。

图 3 是说明一种示例性的已知薄膜磁头的图，其中 MR 元件部分和屏蔽部分用导电层互相连接。

图 4 是说明一种示例性的普通薄膜磁头的图。

实施例：

具有适合应用于根据本发明的薄膜磁头的 MR 元件部分的 GMR 性质的人造多层膜的例子包括下述属于 A 类和 B 类的一些例子：

A) 含有一个硬磁性膜（它具有良好方形特性的磁化化曲线）和一个软磁性膜以及一个夹在两磁性膜之间以减小它们间的磁耦合的非磁性

绝缘膜，使得待探测磁场基本上沿着平行于硬磁性膜的易磁化轴方向伸展的各种人造多层膜。在这类 GMR 膜中，只有软磁性膜才会在由待探测信号所产生的磁场作用下发生磁化转动（而硬磁性膜不会有任何磁化转动），从而磁电阻将按照软磁性膜和硬磁性膜各自的磁化方向之间的夹角改变。

B) 含有一个磁性膜（它与一个金属反铁磁性膜相“铆合”，也即相磁耦合）和一个软磁性膜以及一个夹在两磁性膜之间以减小它们之间的磁耦合的非磁性绝缘膜²，使得待探测磁场基本上沿着平行于与金属反铁磁性膜有磁耦合的那个磁性膜有磁耦合的那个磁性膜的易磁化轴方向伸展的各种人造多层膜。在这类 GMR 膜中，只有软磁性膜才会在由待探测信号所产生的磁场的的作用下发生磁化转动（而与金属反铁磁性膜相耦合的那个磁性膜不会发生任何磁化转动），从而磁电阻将按照该“铆合的”磁性膜和软磁性膜各自的磁化方向之间的夹角改变。

A 类 GMR 膜的特征在于，因为它们不需要反铁磁性膜，所以能够形成膜厚十分小的 MR 元件部分。B 类 GMR 膜的特征在于，因为它们包含了一个与反铁磁性膜相铆合的磁性膜，从而不需要 A 类材料情形中的具有良好方形特性的磁化曲线的硬磁性膜，所以能够采用许多种类的磁性膜来作为器件的磁性膜。

此外，通过在 A 类或 B 类的 GMR 膜中的各个磁性膜和非磁性膜之间的至少一个界面上插入一个主要由 Co 组成的厚度为 0.1nm 的界面磁性膜，便可以增强这种界面处的自旋散射，使 GMR 膜呈现更大的 MR 性质变化。对于这种界面磁性膜被插入在一个软磁性膜和一个非磁性膜之间的情形，由于软磁性膜的软磁性质在界面磁性膜的厚度超过约 1.5nm 时

将会退化，所以该界面磁性膜的厚度最好在约 0.1nm 至约 1.5nm 的范围之内。

如果屏蔽隙的长度允许，MR 元件部分可以设置在屏蔽隙内部，以便插入在两绝缘膜之间。在屏蔽隙以长度需要十分小的那些实施例中，MR 元件部分可以通过非磁性导电膜与金属屏蔽膜相耦合。

通过在上述 GMR 膜中使用主要由 $Ni_xCo_yFe_z$ (x, y, z 为原子成分比例, x =约 0.6 至约 0.9; y =约 0 至约 0.4; z =约 0 至约 0.3) 所组成的软磁性膜，可以得到具有良好灵敏度的 MR 元件部分。

通过在上述 GMR 膜中使用主要由 $Ni_{x'}Co_{y'}Fe_{z'}$ (其中 x', y', z' 为原子成分比例, x' =约 0 至约 0.4; y' =约 0.2 至约 0.95; z' =约 0 至约 0.5) 所组成的软磁性膜，可以得到呈现较大的 MR 变化率的 MR 元件部分。

通过把 CoMnB (钴锰硼)、CoFeB (钴铁硼)、或类似材料 (它们都是非晶磁性膜) 用作软磁性膜，可以得到在薄膜厚度下既具有软磁性质又具有 GMR 特性的 MR 元件部分。单独使用 CoNbZr (钴镍锆) 不会得到大约 MR 率，但当把它与一个界面磁性膜相结合时，可以得到明显地较大的 MR 率，同时具有极好的整体软磁性质。在含有 NiFeCo 类型软磁性膜的上述多层结构中也可以使用这样的材料。

这里，MR 率由下述等式定义：

$$\text{MR 率 (\%)} = (R(\text{最大}) - R(\text{最小}) / R(\text{最小}) \times 100$$

对于非磁性绝缘膜，可以合适地使用具有精细致密结构的一种稳定而有绝缘性的膜，例如薄氧化铝膜。

至于硬磁性膜，使用主要含 Co 的材料将可得到大的 MR 变化率。为

了得到具有良好线性性和大 MR 变化率的 MR 元件部分，硬磁性膜的方形特征值（定义为剩余磁化强度与饱和磁化强度的比值）最好为 0.7 或更大。

在本说明书中，矫顽力为在 100 Oe（奥斯特）或更大的磁性膜被称作是“硬磁性膜”，矫顽力为 20 Oe 或更小的磁性膜被称作是“软磁性膜”。

对于反铁磁性膜，需要的是一个导电金属膜。优选的导电金属膜的例子有：NiMn, IrMn, PtMn, 和 CrMn。FeMn 因其抗锈蚀性不好而不是优选的。氧化膜由于氧化反铁磁性膜有高的阻抗而不适合用于本发明的磁头结构。

下面将通过一些具体例子来说明本发明。

（例 1）

用溅射法在一个基底上形成一个由 Fe-Si-Al（铁-硅-铝）组成的下屏蔽层。接着，在 Fe-Si-Al 膜上形成一个 Cu（铜）导电膜（厚度：约 20nm）。然后在 Cu 导电膜上形成一个具有多层结构的 MR 膜，该多层结构为： $\text{Co}_{0.84}\text{Nb}_{0.12}\text{Zr}_{0.04}$ （厚度：约 5nm，其中 Nb 为铌）/ $\text{Ni}_{0.68}\text{Fe}_{0.20}\text{Co}_{0.12}$ （厚度：约 10nm）/ $\text{Co}_{0.50}\text{Fe}_{0.10}$ （厚度：约 1nm）/ Al_2O_3 （厚度：约 2nm）/ $\text{Co}_{0.50}\text{Fe}_{0.50}$ （厚度：约 4nm）。再用溅射法在多层 MR 膜上形成一个 Cu 导电膜（厚度：约 20nm）。在把该 MR 膜成形为图 1 所示的 MR 元件部分的图案（在本情形中，磁头表面和磁性膜 M1 之间的距离约为 $1\mu\text{m}$ ）之后，用反应溅射法形成一个 Si_3N_4 （氮化硅）绝缘膜（厚度：约 100nm）。在 MR 元件部分中开设了一些通孔之后，用溅射法形成由 Fe-Si-Al 组成的一个上屏蔽层。这样就制成了一个根据本发明的 MR 磁头。

延展在磁头表面 S 和磁性层 M1 之间的绝缘膜 I 的厚度(图 1 中用 d_i 代表) 约为 $1\mu\text{m}$, 这个值取决于绝缘膜 I 的抗磨性能。对于绝缘膜 I 具有极好抗磨性能的情形, 厚度 d_i 可以小于约 $1\mu\text{m}$ 。

为了对比, 用类似方法制作了一个含有一个具有图 2 所示结构的普通 MR 元件部分的 MR 磁头。

测量了用上述方法制作的两种磁头的再生输出特性, 结果表明, 具有图 1 所示本发明结构的 MR 磁头能给出稳定的高输出功率特性, 而具有图 2 所示的对比结构的 MR 磁头起初能给出高输出功率, 但其后输出功率变得不稳定, 表明其特性发生了退化。

(例 2)

用溅射法在一个基底上形成一个由 Fe-Si-Al 组成的下屏蔽层。接着在 Fe-Si-Al 膜上形成一个 Cu 导电膜(厚度: 约 20nm)。然后在 Cu 导电膜上形成一个具有多层结构的 MR 膜, 该多层结构为: $\text{Ni}_{0.68}\text{Fe}_{0.20}\text{Co}_{0.12}$ (厚度: 约 10nm) / $\text{Co}_{0.90}\text{Fe}_{0.10}$ (厚度: 约 1nm) / Al_2O_3 (厚度: 约 2nm) / Co (厚度: 约 5nm) / $\text{Ir}_{0.20}\text{Mn}_{0.80}$ (10nm)。再用溅射法在 MR 膜上形成一个 Cu 导电膜(厚度: 约 20nm)。在把该 MR 膜成形为图 1 所示的 MR 元件部分的图案后, 用反应溅射法形成一个 Si_3N_4 (厚度: 约 100nm) 的绝缘膜。在 MR 元件部分中开设了一些穿孔之后, 用溅射法形成一个 Fe-Si-Al 的上屏蔽层。这样就制成了根据本发明的 MR 磁头。

为了对比, 用类似方法制作了一个含有一个具有图 2 所示的普通 MR 元件部分的 MR 磁头。

测量了用上述方法制作的两种磁头的再生输出特性, 结果表明, 具有图 1 所示本发明结构的 MR 磁头能给出稳定的高输出功率特性, 而具

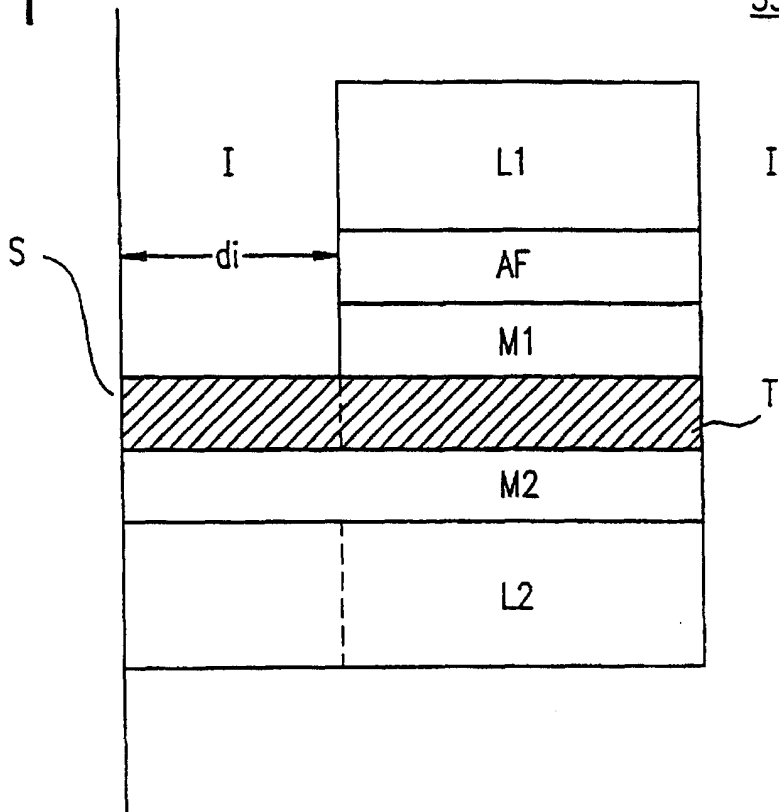
有图 2 所示的对比结构的 MR 磁头起初能给出高输出功率，但其后输出功率变得不稳定，表明其特性发生了退化。

如上所述，本发明提供了一种带有极小屏蔽隙长度的高度可靠的薄膜磁头。

对于熟悉本技术领域的人们来说，在不偏离本发明范畴和精神的情况下将可明显地看出和容易地做到各种其他的修改。所以不希望把这里所附权利要求的范畴限制在这里所给出的说明上，而希望能够广义地理解这些权利要求。

图 1

55



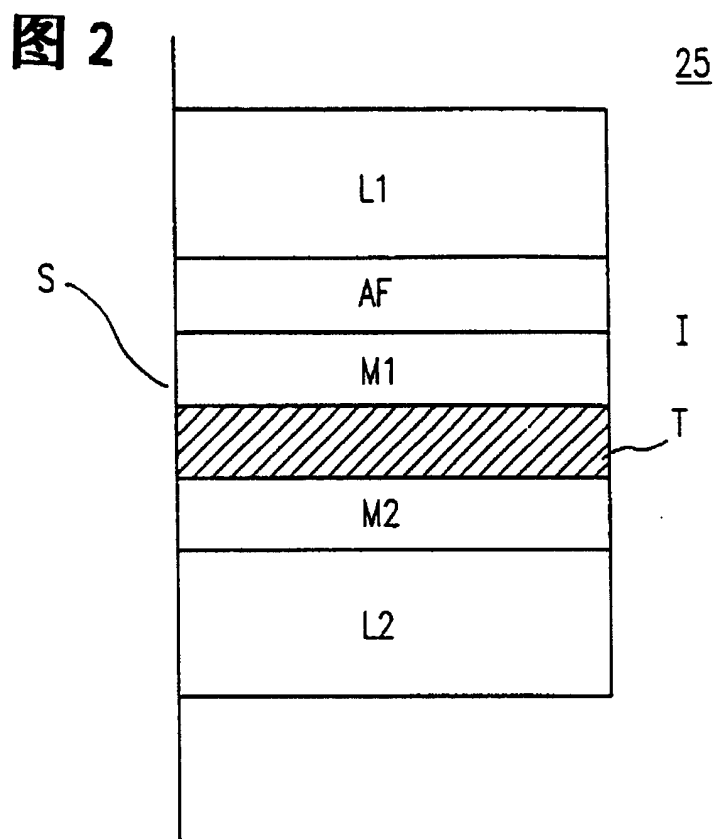


图 3

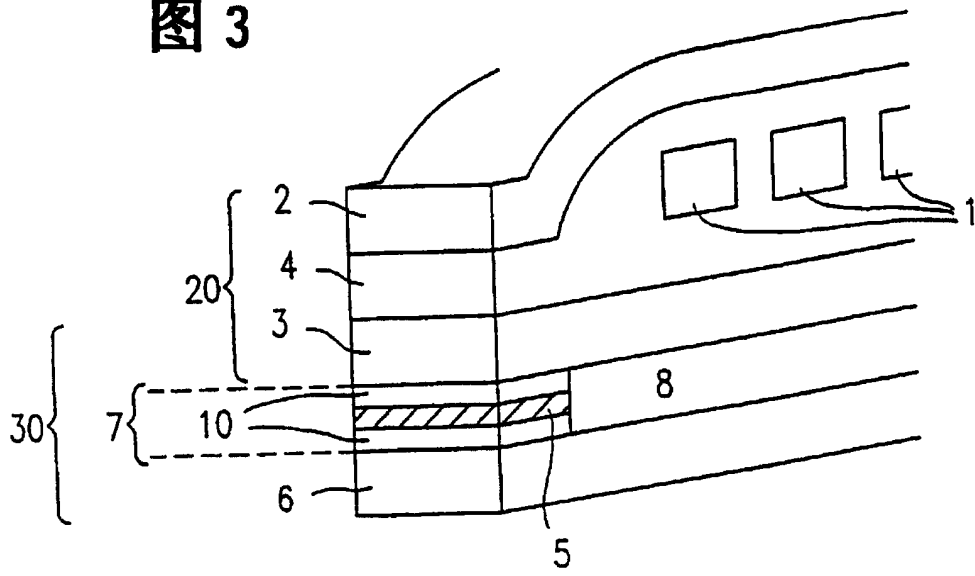


图 4

